



СОВЕТ  
МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ  
И СПЕЦИАЛИСТОВ  
ООО «ГАЗПРОМ ВНИИГАЗ»

VIII Молодежная международная  
научно-практическая конференция

# НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ: ОПЫТ И ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ

ТЕЗИСЫ  
ДОКЛАДОВ



26–29 ноября 2019 г.

Публичное акционерное общество «Газпром»  
Общество с ограниченной ответственностью  
«Газпром ВНИИГАЗ»

VIII Молодежная международная  
научно-практическая конференция

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ:  
ОПЫТ И ПРЕЕМСТВЕННОСТЬ**

26–29 ноября 2019 г.

**Тезисы докладов**

Москва  
2019 год

**Новые технологии в газовой отрасли: опыт и  
преимущество:** тезисы докладов. – М.: Газпром ВНИИГАЗ,  
2019. – 118 с.

Настоящий сборник составлен по материалам VIII Молодежной международной научно-практической конференции «Новые технологии в газовой отрасли: опыт и преимущество», проходившей в ООО «Газпром ВНИИГАЗ» 26–29 ноября 2019 г.

В сборнике приведены предоставленные авторами тезисы докладов.

Тезисы докладов представлены в следующем порядке:

Секция «Геология. Разработка и обустройство нефтегазовых месторождений».

Секция «Транспорт и хранение углеводородов».

Секция «Переработка и использование нефти и газа».

Секция «Экологическая и промышленная безопасность. Анализ рисков. Энергоэффективность».

Секция «Экономика и управление производственными процессами».

Секция «Цифровизация производственных процессов».

Англоязычная секция «Knowledge and experience for oil and gas industry».

**СЕКЦИЯ**  
**«ГЕОЛОГИЯ. РАЗРАБОТКА И ОБУСТРОЙСТВО**  
**НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ»**

## **Геологический обзор обломков Верхнего Кишна месторождения Шариуф в Йемене на открытие новых залежей углеводородов**

*М.А. Сабурова, Е.М. Котельникова, В.М. Усова  
(Российский университет дружбы народов)*

В докладе содержатся сведения о наличии углеводородов на месторождении Шариуф, а также рассмотрены структуры, характеризующие данный район.

Нефтяное месторождение Шариуф находится на северо-востоке бассейна Масила, в 550 км к востоку от столицы Йемена – г. Саны. Оно располагается рядом с нефтяными месторождениями, например, Тасур к востоку и Шабва на западе.

Бассейн Масила по структуре является грабеном, состоящим из отложений средней юры и палеоцена. Нефть обнаружена в следующих коллекторах: докембрийский/архейский гравийный фундамент, карбонаты и доломиты нижнего мела и обломки среднего мела. Отложения формации Верхнего Кишна разделены на три блока: S1 (верхний), S2 (средний) и S3 (основание). Наиболее продуктивным пластом является блок S1.

Результаты по месторождению были получены с помощью сейсморазведочных работ на блоке площадью 15 км<sup>2</sup>, по которому пройдено 15 профилей. Это было сделано для картографирования коллектора и определения его структурных элементов. Также был проведен каротаж скважин на истинных вертикальных глубинах. Все полученные данные интегрировались в программе Petrel. При интерпретации данных было выяснено, что предполагаемый нефтеносный блок составляют карбонаты Нижнего Кишна, красный сланец и обломки Верхнего Кишна.

## **Оценка перспектив нефтегазоносности глубокозалегающих отложений северо-западной части Западной Сибири**

*Л.И. Зинатуллина  
(Институт проблем нефти и газа РАН)*

Полуостров Ямал – один из важнейших стратегических нефтегазоносных регионов России. Мощность платформенного юрско-кайнозойского чехла на полуострове увеличивается с юга на север от 500 до 6000 м. Полуостров изучен довольно плотно поисковым бурением, но скважин, вскрывших доюрский фундамент, мало.

Продуктивность юрского комплекса установлена на Новопортовском и Бованенковском месторождениях. На Ямале перспективными считаются нижне-среднеюрские, триасовые, палеозойские отложения (в том числе фундамент).

Проблема освоения нефтегазоносного потенциала глубоко залегающих горизонтов севера Западной Сибири на сегодняшний день является актуальной. В последние годы на полуострове Ямал и прилегающем шельфе Карского моря проведены комплексные сейсморазведочные работы, аэромагнитные и гравиметрические съемки. Это позволило уточнить границы распространения домеловых отложений в регионе. В целом, если меловой разрез Ямала изучен достаточно полно, то юрские и особенно доюрские отложения остаются слабоизученными.

В разрезе глубокозалегающих юрских и доюрских отложений изучаемого региона наибольшие перспективы нефтегазоносности связаны с песчано-алевритовыми породами нижней и средней юры и с корой выветривания фундамента, лучшими фильтрационно-емкостными свойствами обладают коллекторы оксфордского и батского ярусов. В малышевском комплексе установленные карбонатные отложения до глубины –3950 м, вероятно, регионально газонефтеносны.

## **Морфогенетические особенности нижнемеловых относительно глубоководных конусов выноса (Западная Сибирь)**

*Е.В. Полушина, Е.А. Жуковская  
(ООО «Газпромнефть-НТЦ»)*

Изучаемое месторождение находится в Пуровском районе ЯНАО. Согласно геотектоническому районированию Западно-Сибирской платформы месторождение расположено в зоне сочленения крупных структур II порядка. Изучаемый пласт Ач<sub>4</sub> относится к клиноформному комплексу берриас-валанжинского возраста и представлен песчаными отложениями глубоководного конуса выноса, состоящего из нескольких лопастей. Отложения формировались как на склоновых террасах, так и у подножья склона, ориентация которых определена в результате сейсмофациального анализа.

В ходе анализа морфометрических параметров отдельных лопастей и конусов выносов в целом как ачимовских отложений, так и современных, было установлено, что, несмотря на различия в морфологии тел, в частности, коэффициента удлиненности песчаных тел, их объем изменяется слабо и варьирует в пределах  $65...165 \cdot 10^6 \text{ м}^3$ . Это говорит об определенных по объему депрессионных зонах на склоне и позволяет прогнозировать объем таких склоновых лопастей, если их тип установлен по данным сейсмики и керна.

В работе определено влияние локальных депрессионных форм рельефа на конфигурацию строения лопастей глубоководного конуса выноса. Установлено, что в склоновых лопастях большая песчанистость разреза; значимые текстурно-структурные отличия между турбидитами не фиксируются. Выявлено, что для определения конфигурации лопастей и их положения необходимо решать поставленную задачу комплексно с привлечением сейсмических данных, керна и испытаний скважин.

## **Геохимические технологии для контроля выработки запасов**

*Д.Ю. Калачева, Н.В. Морозов  
(ООО «Газпромнефть-НТЦ»)*

Резервуарный геохимический анализ – один из методов, который может применяться для идентификации адресного притока флюида, контроля выработки запасов при разработке месторождений. Суть метода заключается в определении индивидуальных углеводородных характеристик («отпечатков пальцев») устьевых проб. Каждый резервуар имеет уникальный углеводородный отпечаток, состоящий из нескольких сотен соединений, на основании которых возможно определять латеральные и вертикальные границы резервуара, флюидодинамическую сообщаемость с другими геологическими объектами. Имея углеводородные характеристики нескольких пластов-резервуаров, возможно решать задачу по определению процентного вклада каждого пласта в формирование общего притока с точностью от 1 до 5 %. Эффективность по определению процентного содержания флюидов каждого из пластов доказана на синтетически приготовленных бинарных смесях нефтей.

Учитывая высокие перспективы применения методов резервуарной геохимии, а также собственные результаты лабораторных исследований, в ПАО «Газпром нефть» реализуется проект по геохимическим технологиям контроля выработки запасов, нацеленный на широкомасштабное внедрение.

Объективно утверждать, что технологии геохимического мониторинга выработки запасов не могут полностью заменить методы промыслово-геофизических исследований, однако могут существенно сократить затраты на них, повысить успешность геолого-технических мероприятий.



## **Опыт применения технологии отбора проб пластовых флюидов приборами ОПК на залежах арктического шельфа**

*О.С. Сопильняк, Д.Р. Крайн, А.С. Ершов  
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)*

В настоящее время все чаще применяется технология отбора проб пластовых флюидов в открытом стволе, в частности, использование модульного динамического испытателя пластов на кабеле. Особо активно данный метод применяется на скважинах, расположенных на шельфе, в связи с его высокой мобильностью, оперативностью получения первичной информации, что актуально в условиях морских буровых платформ.

В докладе рассмотрены основные параметры, контролируемые в процессе отбора для определения оптимальных условий. Отмечен ряд факторов, негативно влияющих на представительность проб, отобранных по данной технологии. Анализ результатов исследования проб пластовых флюидов, отобранных с помощью современных приборов опробования пластов на кабеле, показал возможность получения информации о составе и свойствах пластовых флюидов и их изменениях по исследуемому разрезу.

Результаты подтверждают целесообразность использования испытателя пластов на кабеле для уточнения характеристик пластовых флюидов по разрезу скважины.

## **Спектральная инверсия – инструмент ускорения проектов ГРП**

*В.А. Фагерева, П.П. Емельянов, А.В. Буторин, Ф.В. Краснов  
(ООО «Газпромнефть-НТЦ»)*

Комплексирование сейсмических и скважинных данных при построении геологической модели является важной необходимостью с точки зрения получения качественного инструмента для проработки различных технических решений. В большинстве случаев для построения геологической модели используют сейсмическую инверсию в качестве тренда. Получение качественных результатов инверсии – весьма трудоемкий и ресурсозатратный процесс, а учитывая тенденцию к ускорению проектов ГРП и оперативную выдачу точек под бурение (как фактор дополнительной ценности в условиях зависимости от сезона при выполнении полевых работ), возникает потребность в методике построения инверсии, которая по качеству не уступала бы стандартным методам инверсии, но при этом выполнялась за более короткий промежуток времени.

В результате выполненного исследования разработан и апробирован новый подход к восстановлению акустического импеданса, основанный на применении технологии спектральной инверсии и комплексировании со скважинными данными. Применение спектральной инверсии для построения акустического импеданса показало устойчивый положительный результат по итогам сравнения со стандартными подходами инверсионных преобразований сейсмических данных.

Карты эффективных толщин, построенные по результатам спектральной инверсии, подтвердились по результатам бурения двух скважин с погрешностью  $\pm 1,5$  м. Время получения прогнозных карт удалось сократить почти в 10 раз. Данный факт не отменяет выполнения полного цикла интерпретации сейсмических данных, но может помочь для оценки активов в сжатые сроки и наметить перспективные места уже в самом начале проекта.

## **Расчет параметров системы наблюдений за сдвижением земной поверхности на основе горно- геологических условий объектов недропользования**

*Г.А. Воронов  
(ООО «Газпром геотехнологии»)*

Для проведения исследований были выбраны критерии определения границ проявления геомеханических и геодинамических процессов, являющихся границами систем наблюдения за горным отводом. Эти критерии – глубина залегания объекта недропользования, граничный угол и угол полных сдвижений. Граничные углы сдвижения определяются опытным путем или в зависимости от коэффициентов крепости  $F$ . Таким образом, граница проявления геомеханических и геодинамических процессов при ведении горных работ определяется аналитически или графически по линиям, проведенным под средневзвешенным граничным углом вышележащей породной толщи от нижней границы горных работ.

Структурные параметры системы наблюдений за горным отводом – параметры площадной сети спутниковых наблюдений и профильных линий нивелирования – определяются границами проявления геомеханических и геодинамических процессов в плане. Были сформулированы формулы для расчета количества реперов ГНСС-сети, длины и количества профильных линий и количества реперов на нивелирных профилях. Были произведены расчеты параметров системы наблюдений за горными отводами при различных соотношениях основных влияющих горно-геологических условиях – глубины залегания и размеров разрабатываемого пространства в плане.

Полученные результаты исследования могут быть использованы при обосновании параметров системы наблюдений за сдвижением земной поверхности, расчета стоимости и норм времени на ее создание в составе проектов маркшейдерских наблюдений.

# **Сравнительный анализ методик геологического трехмерного моделирования на примере разрабатываемых месторождений ООО «Газпром добыча Краснодар»**

*О.С. Коротков  
(филиал ООО «Газпром добыча Краснодар» –  
Инженерно-технический центр)*

Современный подход к решению задач оптимизации геологоразведочных работ, разработки и эксплуатации месторождений углеводородов включает создание цифровой трехмерной геологической модели (далее – ЦТГМ) как один из ключевых этапов. Основной целью здесь становится максимальное приближение по содержанию ЦТГМ к представлениям о геологии конкретного месторождения. Для ее достижения проводится адаптация применяемых алгоритмов построения, учитывающих особенности геологической среды на каждой стадии процесса.

В докладе рассмотрены ЦТГМ месторождений ООО «Газпром добыча Краснодар». На этапе построения структурного каркаса поясняется важность введения вспомогательной поверхности для моделирования соединений пропластков коллекторов. Производится поиск наилучшего алгоритма моделирования (стохастический, детерминистический) разрабатываемых месторождений в целях сокращения временных затрат на построение и расчет геологических моделей, увеличения их достоверности. Выявлены преимущества одного алгоритма по сравнению с другим при различных объемах исходных данных и с различным геологическим строением. Проведена оценка достоверности ЦТГМ как при построении стохастическим алгоритмом, так и детерминистическим. Выявлены соответствия количественных характеристик ЦТГМ подсчетным параметрам месторождения, числящимся на государственном балансе Российской Федерации.

## **Методический подход к анализу обустройства дожимного компрессорного комплекса по критерию устойчивости добычных возможностей к отклонению условий эксплуатации от проектных значений**

*А.С. Грачев, М.А. Воронцов  
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)*

В настоящее время актуальным направлением развития газодобывающей отрасли являются подводные добычные комплексы. Одним из элементов данных комплексов является подводная дожимная компрессорная станция (ПДКС).

Основными отличиями ПДКС от компрессорных станций наземного исполнения являются труднодоступность, более высокая стоимость и т.п. Вследствие этого возникает необходимость в проектировании ПДКС таким образом, чтобы исключить либо минимизировать потери добычи в случае отклонения расходных и термобарических параметров работы от проектных показателей, а также снизить потребность в сменных проточных частях (СПЧ).

В докладе приведены результаты исследования влияния отклонений входного давления ПДКС на ее пропускную способность для различных вариантов резервирования компрессорных модулей, а также методический подход к проектированию для снижения типоразмеров СПЧ.

Использование представленных результатов при проектировании дожимных компрессорных станций (как наземного исполнения, так и ПДКС) позволит разрабатывать наиболее перспективные решения по их обустройству с точки зрения снижения или полного исключения рисков потери добычи и/или потребности в дополнительных затратах на дообустройство дожимного компрессорного комплекса при отклонении фактических термобарических показателей эксплуатации ПДКС от проектных значений.

## **Разработка технических решений по оптимизации использования мощностей компримирования Уренгойского НГКМ**

*Н.В. Иванов, А.Т. Хусаенов  
(ООО «Газпром добыча Уренгой»)*

Для решения проблемы по обеспечению надежной и энергоэффективной эксплуатации ГКП-11 Уренгойского НГКМ в условиях задержки ввода ДКС и для обеспечения проектных показателей разработки сеноманской и валанжинской залежей потребовалась разработка новых технических решений по развитию объектов добычи, подготовки и транспорта углеводородного сырья.

В связи с тем, что существующая схема совместной эксплуатации УКПГ-11 и УКПГ-11В не позволит обеспечить плановые показатели добычи углеводородного сырья и оптимальные параметры работы УНТС в период с 2018 по 2021 гг. (до ввода ДКС УКПГ-11В), был разработан вариант совместной подготовки газа группы промыслов УКПГ-11, -11В, -12. Кроме того, предложена схема совместной эксплуатации УКПГ-13 и УКПГ-15.

Согласно оценке экономический эффект от внедрения предлагаемой схемы совместной эксплуатации ГКП-11 и ГП-12 обеспечивается за счет предотвращения снижения добычи газа вследствие возможности регулирования отборов газа на различных площадях месторождения в условиях снижения входных давлений на УКПГ. Прирост добычи газа при совместной эксплуатации ГП-12 и ГКП-11 составит порядка 5 млн м<sup>3</sup>/сут по сравнению с отдельной эксплуатацией промыслов. Таким образом, в работе представлены технические решения, обеспечивающие эффективную эксплуатацию добычных комплексов и мощностей компримирования.

## Модернизация системы противокоррозионной защиты в условиях Бованенковского НГКМ

*А.Л. Демин, А.О. Коханенко  
(ООО «Газпром добыча Надым»)*

В процессе разработки Бованенковского нефтегазо-конденсатного месторождения (НГКМ) обнаружено протекание внутрикоррозионных процессов. Основным фактором возникновения и развития коррозии является большое содержание  $\text{CO}_2$  в добываемой и транспортируемой продукции.

В настоящее время противокоррозионная защита в условиях Бованенковского НГКМ обеспечивается путем ингибирования.

Добывающие скважины месторождения оснащены эксплуатационными пакерами, в связи с этим раствор ингибитора коррозии (РИК) подается не в затрубное пространство, а непосредственно в обвязки устьев скважин.

По результатам коррозионного мониторинга установлено, что наибольшему влиянию агрессивной среды подвержены элементы фонтанной арматуры (ФА).

Для решения данной проблемы авторами предлагается использовать капиллярную систему дозирования, предназначенную для подачи химических реагентов в заданный интервал скважины. Спуск капиллярной трубки предусмотрен в НКТ на 2-3 м ниже ФА, через противовыбросовое оборудование, смонтированное на буферной задвижке. Канал на устье подсоединяется к уже существующей системе подачи ингибитора. Далее подача РИК будет производиться непосредственно в НКТ перед ФА.

Предлагаемая система позволит увеличить долговечность оборудования, снизить затраты на проведение ремонтных работ и на замену.

## **Перспективы и проблемы применения многотопливных ГТУ на удаленных объектах добычи газа**

*О.Ю. Кузяков, М.А. Воронцов  
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)*

На объектах добычи газа требуется организация транспортировки жидких углеводородов (УВ), выделяемых в процессе подготовки газа. На удаленных объектах (морские платформы, удаленные месторождения и т.п.) создание систем транспортировки жидких УВ может быть экономически неэффективно. В этом случае целесообразно обеспечить их использование для собственных нужд газового промысла.

В докладе представлен один из вариантов использования конденсируемых УВ для обеспечения работы многотопливных газотурбинных установок (ГТУ), применяемых для привода компрессорного оборудования, а также в составе электростанций собственных нужд.

Практика применения многотопливных ГТУ известна с пятидесятых годов прошлого века, в настоящее время двухтопливные ГТУ в основном производят зарубежные компании (General Electric, Siemens AG и т.п.). Применение двухтопливных ГТУ актуально при реализации ряда проектов ПАО «Газпром» (освоение добычи на арктическом шельфе, добыча газа в регионах со сложным рельефом местности и т.п.), поэтому с учетом политики импортозамещения актуально развитие производства подобных агрегатов на отечественных заводах.

В докладе рассмотрены перспективы использования многотопливных ГТУ на удаленных объектах добычи газа. Проанализированы возможности организации производства указанных ГТУ на отечественных машиностроительных предприятиях.



## **Интегрированное моделирование: как избежать ошибок – советы и рекомендации**

*А.В. Мясников, А.В. Михин, А.В. Камартдинов  
(АО «Томскгазпром»)*

Доклад демонстрирует особенности работы с интегрированным моделированием (ИМ). Описан процесс проверки достоверности модели, выявлены критерии проверки и представлен анализ допустимых отклонений.

В ходе работы проведен анализ и представлен список основных факторов, влияющих на погрешность расчетов. В результате анализа сформулированы критерии, позволяющие оценить необходимость актуализации элементов ИМ. Представлены процедуры, позволяющие выполнить ранжирование критериев по степени влияния на точность расчетов.

Проанализирована исходная модель. Представлен список проблем и критериев обновления ИМ. Выполнен анализ чувствительности параметров калибровки на изменение режима работы скважин. Представлен методический подход, позволяющий оперативно решить задачи верификации промысловых данных и калибровки элементов сети. Описан опыт использования зарубежного и отечественного программного обеспечения для интегрированного моделирования.

Полученный методический подход позволяет оперативно оценить ИМ на предмет адекватности воспроизводимых данных, предложены методы решения задач калибровки моделей скважин и сети сбора, позволяющие снизить накопленную ошибку, возникающую после первичного создания интегрированной модели.

## **Искусственные грунтовые острова для Крузенштернского газоконденсатного месторождения. Особенности и проблемы проектирования**

*А.В. Пахунов, Э.В. Николайчук, А.О. Васильева  
(ООО «Газпром добыча Надым»)*

Проектирование Крузенштернского газоконденсатного месторождения осуществляется в исключительно сложных природно-климатических, инженерно-геокриологических и гидрологических условиях, обусловленных расположением основной части месторождения в пределах мелководного шельфа Карского моря, глубина которого составляет 5 м и менее. Для данной территории характерна сложная ледовая обстановка, практически отсутствуют данные о геокриологическом строении, установлено наличие значительной мощности «слабых» засоленных донных грунтов с крайне низкой несущей способностью.

В существующих климатических и инженерно-геологических условиях для разработки шельфовой части месторождения наиболее перспективным решением с экономической и технической стороны видится строительство искусственных грунтовых островов (ИГО).

В докладе приведены результаты анализа опыта строительства и эксплуатации ИГО в море Бофорта. Рассмотрены особенности проектирования ИГО, включающие в себя: конструкцию крепления откосов, способы формирования грунтового ядра, площадь территории и форму острова в плане. Представлены предварительные технико-экономические обоснования по строительству ИГО и защитным мероприятиям на примере Харасавэйского газоконденсатного месторождения. Затронут один из важнейших вопросов, связанных с методическим подходом к оценке физико-механических характеристик грунтового основания, необходимых для корректного проектирования ИГО.

## **Химический способ укрепления разуплотненной призабойной зоны пласта**

*Р.А. Гасумов, Р.Р. Гасумов, Е.Ю. Кукулинская  
(АО «СевКавНИПИгаз»)*

В процессе эксплуатации газовых и газоконденсатных месторождений, пласты которых представлены рыхлыми, слабосцементированными породами, происходит разрушение призабойной зоны пласта (ПЗП) и поступление на забой скважины продуктов разрушения, что вызывает значительные осложнения, связанные, главным образом, с выходом из строя промышленного оборудования и падением производительности скважин.

Современные технологические решения в этой области нацелены на предупреждение и снижение выноса пластового песка с минимизацией негативного влияния на естественные процессы, происходящие в системе «скважина – пласт». В первую очередь это относится к структурной целостности призабойной зоны и ее проницаемости.

Перспективным в этой области является применение химического метода укрепления ПЗП, основанного на образовании системы «песок – твердый полимер» в слабосцементированном коллекторе за счет адгезии фрагментов полимера на границе между частицами песка. Обработка скважин составами на полимерной основе требует мало времени и относительно низких затрат. Использование состава на полимерной основе с включением реагента белковой природы для закрепления песка позволяет получить оптимальное сочетание прочности и проницаемости закрепленной породы. Применение данного состава позволяет создавать внутрипластовый полимерный фильтр внутри породы с показателем прочности до 2,8 МПа при минимальном снижении проницаемости породы не более 15–20 %.

## **Предупреждение осложнений при капитальном ремонте скважин с использованием колтюбинга**

*А.В. Мацко*

*(ООО «Газпром подземремонт Уренгой»)*

Одна из особенностей колтюбинговых установок – возможность безостановочной циркуляции технологических флюидов при движении безмуфтовой длинномерной трубы (БДТ) через герметизированное устье скважины. Герметичность обеспечивается герметизатором с уплотнительным элементом (УЭ), выполненным из эластичного материала. В процессе выполнения спуско-подъемных операций УЭ подвергается интенсивному изнашиванию, что связано со значительными силами трения в контакте «уплотнитель – БДТ».

Была предпринята попытка в разработке рецептуры нового типа УЭ, пригодного для эксплуатации в условиях дефицита смазочного материала. Для наполнения были выбраны порошки твердой смазки: графит, дисульфид молибдена, фторопласт. В качестве матрицы использовался полиуретан ЭП СКУ ПТ-74, являющийся отечественным аналогом полиуретана марки адипрен L100.

Эксперимент позволил выявить границы наполнения и рекомендовать материалы, позволяющие повысить срок службы уплотнителей.

По заданной рецептуре был изготовлен опытный УЭ и установлен на колтюбинговой установке МЗКТ М-20. УЭ успешно прошел опытно-промышленные испытания на скважинах №№ 12406 и 12908.

В результате испытаний удалось установить следующее: наработка БДТ через УЭ до критического износа составила 33000 м, что превосходит штатный УЭ в 2,5 раза. Кроме того, УЭ отличается пониженным коэффициентом трения и более высокой эластичностью, что уменьшает время отклика при поджатии и снижает необходимое давление для обеспечения герметичности.

## Оптимизация технологии глушения газоконденсатных скважин, осложненных наличием АВПД и трещины ГРП

А.В. Каракетов  
(ООО «Газпром подземремонт Уренгой»)

Процедура глушения скважин в большинстве случаев строго регламентирована и формализована в виде простых инструкций, применимых в тех или иных горно-геологических и технических условиях. Однако осложняющие факторы зачастую не позволяют использовать стандартные инструкции и приводят к необходимости принятия решений *in situ*, которые имеют высокую степень неопределенности и риска.

Одним из ярких примеров вышеописанной ситуации является процесс глушения газоконденсатных скважин, пробуренных на ачимовские отложения, в которых был проведен гидравлический разрыв пласта (ГРП).

В результате исследования был проведен анализ физических особенностей процесса глушения ачимовских скважин после ГРП, на основе которого сформулированы подходы к совершенствованию существующей технологии глушения. Предложен метод оптимизации фракционного состава кольматанта, позволяющий осуществить эффективное блокирование трещины ГРП и получить полный контроль над скважиной в процессе КРС. На примере газоконденсатной скважины Уренгойского НГКМ продемонстрировано применение предложенного метода и осуществлен подбор кольматанта под конкретные свойства трещины ГРП. Полученные в результате исследования результаты могут быть легко адаптированы под условия проведения глушения скважин с АНПД и слоистой неоднородностью пласта. Разработанная методика подбора фракционного состава под существующие свойства пласта оформлена в виде расчетного ПО и планируется к широкому внедрению на производстве.

## **Опыт применения скважин с восходящим профилем в низкопроницаемых коллекторах на примере туронской залежи Южно-Русского месторождения**

*Ю.Э. Ярыгина  
(ОАО «Севернефтегазпром»)*

Большая часть добываемых запасов природного газа на территории Российской Федерации приходится на сеноманские залежи, наиболее значимые из которых находятся в стадии падающей добычи.

Одним из векторов сохранения энергетического потенциала региона является добыча запасов газа из низкопроницаемых коллекторов, среди которых наиболее перспективными для разработки являются залежи углеводородного сырья сенон-туронского газоносного комплекса, в которых сосредоточена значительная часть всех запасов газа ПАО «Газпром».

По данным геологоразведочных работ туронские продуктивные отложения имеют весьма широкое региональное распространение на севере Западной Сибири, но до недавнего времени их изучению уделялось недостаточно внимания.

Ресурсная база туронских залежей достаточно высока. Начальные геологические запасы природного газа по категориям  $B_1/C_1 + B_2/C_2$  превышают 1,3 трлн м<sup>3</sup>, что позволяет рассматривать их как перспективный источник для наращивания уровней добычи в регионе.

В докладе рассматривается опыт применения скважин с восходящим профилем ствола на примере туронских отложений Южно-Русского месторождения с целью повышения технико-экономической эффективности разработки газовых месторождений с низкопроницаемыми коллекторами, проведен обзор выполненных работ и анализ результатов.

**СЕКЦИЯ**  
**«ТРАНСПОРТ И ХРАНЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ.**  
**ПЕРЕРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕФТИ И ГАЗА»**

## **Разработка преобразователя сорбционно-емкостного температуры точки росы по влаге в природном газе с целью импортозамещения зарубежных аналогов**

*С.О. Михин  
(ООО «Газпром трансгаз Ухта»)*

В связи со сложным макроэкономическим положением и санкциями запада в адрес РФ разрабатывается и внедряется программа импортозамещения. В транспорте газа крайне важную роль имеет контроль его параметров, в том числе содержания влаги. Обеспечение низкой влажности газа имеет большое значение в организации эффективной и безопасной работы оборудования магистральных газопроводов и систем газораспределения. Наличие воды в транспортируемом газе влечет за собой штрафные санкции при экспорте, накладываемые потребителем на поставщика при отклонении свойств товарного газа от закрепленных договором характеристик. Контроль влажности газа в системе магистрального транспорта ведется на газоизмерительных станциях, компрессорных цехах и на крановых узлах. Контролируемым технологическим параметром является температура точки росы (далее – ТТР), а измерения проводятся с помощью преобразователей ТТР.

На основании пункта 5.5 Перечня приоритетных научно-технических проблем ПАО «Газпром» на 2011–2020 гг. выполняется ОКР, включающая в себя четыре этапа и направленная на разработку отечественного преобразователя ТТР сорбционно-емкостного способа измерения, не уступающего зарубежным аналогам.

В докладе освещаются вопросы изготовления всех составных частей преобразователя, разработки конструкторской и технической документации, проведения заводских испытаний и необходимой сертификации ТР ТС/Декларирования.



## **Подогрев природного газа за счет утилизации энергии давления на газораспределительных станциях**

*А.В. Шубин*

*(ООО «Газпром добыча Ямбург»,  
Санкт-Петербургский горный университет)*

Работа направлена на решение проблем энерго- и ресурсосбережения на газораспределительных станциях путем утилизации энергии давления газа и использования ее как вторичного энергоресурса.

Традиционно понижение давления газа производится с помощью регуляторов давления, а подогрев осуществляется с помощью подогревателей с расходом топливного газа. При этом энергия давления безвозвратно утилизируется и тратится сжигаемый газ на обогрев.

Предлагается технология, основанная на внедрении в узел редуцирования энергоразделяющих устройств (ЭУ), с помощью которых возможно осуществлять общий или частичный безогневой подогрев газа путем утилизации энергии его давления без затрат дополнительных ресурсов.

В работе впервые предложен способ редуцирования давления газа через ЭУ на основе эффекта Гартмана – Шпренгера.

Разработана схема узла редуцирования с введением линии постоянного расхода, при которой 35–40 % транспортируемого газа редуцируется и подогревается в ЭУ.

Обоснование эффективности предлагаемой технологии производится с помощью численного моделирования процесса редуцирования с подогревом и расчета экономического эффекта от сбережения топливного газа, затрачиваемого на обогрев.

## **Использование буферного газа после первой ступени СГУ в качестве топливного газа АВГМ**

*А.Л. Тихонов  
(ООО «Газпром трансгаз Ухта»)*

В настоящее время для транспортировки природного газа широкое распространение получили газоперекачивающие агрегаты (ГПА) ангарного исполнения, для обогрева которых применяются воздухонагревательные агрегаты. В то же время для герметизации подшипниковых узлов, расположенных на концах вала центробежного компрессора, от транспортируемого природного газа, применяются сухие газодинамические уплотнения тандемного типа.

В докладе рассматривается метод снижения выбросов природного газа в атмосферу при работе ГПА магистральных газопроводов с сухими газодинамическими уплотнениями и системой воздушного отопления, а также повышение их энергоэффективности.

Основной задачей работы является снижение технологических потерь природного газа, сокращение выбросов, а значит, и снижение платы за негативное воздействие на окружающую среду.

Результатом работы является ресурсосбережение за счет экономии природного газа, который вместо срамливания в атмосферу используется для собственных технологических нужд ГПА.

Данное решение согласовано с предприятием – проектировщиком ГПА-25М-03 «Урал» ПАО НПО «ИСКРА», а также с заводом – изготовителем агрегата воздухонагревательного газового модульного АВГМ-400М ООО НПФ «ТеплоЭнергоПром» и с заводом – изготовителем сухих газодинамических уплотнений ООО «Джон Крейн-Искра».

**Проведение исследований на предмет наличия  
нестационарного режима течения природного газа  
в измерительных трубопроводах на объектах  
ООО «Газпром трансгаз Москва»**

*Т.А. Фролова  
(филиал ООО «Газпром трансгаз Москва» –  
Инженерно-технический центр)*

Измерение расхода газа при помощи метода переменного перепада давления на сегодняшний день является одним из самых распространенных, достоверных и изученных методов.

Одним из условий корректного проведения измерений является стационарный режим течения потоков природного газа. В случае если режим является отличным от такового, необходимо вводить коэффициент коррекции, позволяющий получить достоверное значение объема природного газа.

Большое количество газораспределительных станций оборудовано узлами учета на базе стандартных сужающих устройств. Наличие нестационарного режима течения потока в измерительных трубопроводах этих объектов может привести к некорректному учету природного газа. Причинами появления нестационарного режима могут являться ошибки при проектировании трубопровода, неправильная работа регуляторов, наличие не полностью открытых/закрытых кранов, местных сопротивлений и др.

Проведение исследований на предмет нестационарного режима течения природного газа при существенных расходах является важной и перспективной задачей, позволяющей избежать проблем с некорректным учетом энергоносителя и снизить балансовые потери.

## **Исследование двухкомпонентных потоков смешивающихся флюидов по газотранспортной системе**

*Е.В. Фомина*  
(ООО «НИИгазэкономика»)

Природные газы представляют собой смесь газов. Помимо метана (обычно более 90 %) присутствуют другие углеводороды (прежде всего этан, пропан), а также углекислый газ, азот, водяные пары, гелий и т.д. Отбирая более ценные компоненты газа и отправляя их на переработку в газохимические комплексы, можно получить существенную прибыль, поскольку продукты газохимии стоят дороже многокомпонентного сырья. Компонентный состав полностью определяет калорийность – теплотворную способность газа. В настоящее время взаиморасчет между потребителями и поставщиками осуществляется с учетом калорийности. Путем маневрирования потоками в ГТС можно влиять на компонентный состав и калорийность газа, подаваемого потребителям.

Суть метода заключается в использовании двухкомпонентного флюида – смеси метана и этана. Задача заключается в том, чтобы найти такое распределение концентрации этана (или калорийности), которое в наибольшей степени согласуется со всей совокупностью замеров. Для случайных величин, калорийности потока по каждому направлению перекачки, необходимо получить точечные оценки. Математическая статистика для точечного оценивания предлагает метод максимального правдоподобия (далее – ММП), согласно которому ищется максимум функции правдоподобия, представляющей собой вероятность совокупности всех замеренных величин. Метод приводит к задаче условной минимизации квадратичной функции. Минимум здесь ищется при условиях выполнения соотношений материального баланса для этана и необратимости процесса.

# **Верификация газодинамических характеристик сменных проточных частей центробежных газовых компрессоров для оптимизации процесса компримирования природного газа на компрессорных станциях**

*А.А. Кабов  
(ООО «Газпром трансгаз Югорск»)*

Эффективность технологического применения центробежных газовых компрессоров на компрессорных станциях (КС) определяется максимальным соответствием газодинамических характеристик сменных проточных частей (СПЧ) реальным режимам транспорта газа по магистральным газопроводам.

Рациональный режим эксплуатации магистральных газопроводов заключается в максимальном использовании их пропускной способности при минимальных энергозатратах на компримирование и транспортировку газа по газопроводу.

Цель работы – совершенствование методов контроля и повышения энергетической эффективности работы газоперекачивающих агрегатов (ГПА) КС на магистральных газопроводах.

В докладе рассматриваются следующие вопросы:

1. Преимущества перехода от тарировки на воздухе входных конфузоров центробежных компрессоров (ЦБК) к проведению тарировки по природному газу входных конфузоров ЦБК в процессе эксплуатации ГПА с помощью переносных ультразвуковых расходомеров.

2. Влияние точности определения расходного коэффициента входного конфузора ЦБК на построение газодинамической характеристики СПЧ и точности определения рабочей точки на ГДХ системы автоматического управления ГПА.

3. Контроль оптимального режима работы ГПА по расходу топливного газа газотурбинной установки и политропному КПД ЦБК.

## **Оценка влияния гидравлического сопротивления линейной части магистрального газопровода на расход топлива на газотурбинных установках**

*М.Г. Гилязиев*  
(ООО «Газпром трансгаз Казань»)

Для оценки влияния гидравлического сопротивления линейной части магистрального газопровода (ЛЧ МГ) на расход топлива на газотурбинных установках (ГТУ) предложен алгоритм, описывающий работу участка МГ.

Предложенный алгоритм включает ряд аналитических формул, устанавливающих связь между параметрами ЛЧ МГ и компрессорным цехом (КЦ), а также между параметрами КЦ и ГТУ. Алгоритм предполагает использование математической модели газоперекачивающего агрегата (ГПА) для оценки расхода топлива на ГТУ. Математическая модель ГПА представляет собой систему нелинейных уравнений, описывающих совместную работу ГТУ, центробежного нагнетателя, входного и выхлопного трактов ГПА.

С помощью предложенного алгоритма произведено численное моделирование работы участка МГ с различными значениями гидравлического сопротивления ЛЧ МГ. Рассмотренный участок МГ включает в себя три последовательно подключенных КЦ, обеспечивающих транспорт газа от места отбора до потребителя.

Полученные результаты моделирования позволили оценить последствия увеличения гидравлического сопротивления ЛЧ МГ на расход топлива на ГТУ.

## **Моделирование напряженно-деформированного состояния технологического трубопровода обвязки газоперекачивающего агрегата**

*Г.В. Власов*  
(ООО «Газпром трансгаз Самара»)

Специфика трубопроводного транспорта природного газа по магистральным газопроводам (МГ) заключается в том, что для обеспечения их требуемой производительности необходимо поддержание давления газа, подаваемого в газопровод. Для этого через каждые 100–150 км по трассе МГ сооружают газокompректорные станции с газоперекачивающими агрегатами (ГПА), повышающими давление транспортируемого газа. При этом на обвязке ГПА возникают различные нагрузки, которые в результате могут привести к работе компрессорного цеха в ненормативном режиме.

Основные нагрузки, возникающие в обвязке ГПА, следующие: давление газа на внутренние стенки трубопровода; температурные нагрузки; вибрационные нагрузки, возникающие в результате работы ГПА; вес трубопровода и транспортируемой среды. Для их расчета была построена масштабная модель обвязки ГПА с учетом местоположения и типа опор.

В результате анализа расчетов САД-программы были выявлены зоны наибольших напряжений и перемещений, а также их величина.

## **Исследование влияния режимов укладки на напряженно-деформированное состояние морского трубопровода**

*П.А. Кудинов, В.Н. Зеликов  
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)*

Освоение морских месторождений нефти и газа привело к необходимости строительства трубопроводов для связи морских платформ с береговым хранилищем. Трасса может быть проложена в условиях сложного рельефа с наличием уклонов, различной формой профиля морского дна. В связи с этим строительство морских трубопроводов можно отнести к одному из наиболее ответственных этапов их жизненного цикла. Аварии на подводных переходах приводят к тяжелым экологическим и экономическим последствиям. Актуальным является вопрос оценки напряженно-деформированного состояния морского трубопровода в процессе строительства.

Выполнена разработка метода оценки напряженно-деформированного состояния трубопровода в процессе укладки на грунтовое основание переменной глубины с учетом движения трубоукладочного судна. Объектом исследования являются подводные трубопроводы, предназначенные для транспортировки нефти и газа. Рассмотрены случаи процесса строительства трубопровода при нормальном режиме укладки и при отклонении от него. В результате работы получено распределение внутренних силовых факторов в трубопроводе, значения реакций в максимально нагруженной опоре, выявлен оптимальный диапазон глубин укладки.



## **Расчет на прочность сварных косых тройников для проектирования магистральных газопроводов**

*П.А. Володин, В.П. Черний, О.В. Трифонов  
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)*

В докладе рассмотрена методика прочностного расчета для соединительных деталей трубопроводов сложной конструкции, таких как тройник косой сварной. В технической литературе известно немного работ, посвященных методикам прочностных расчетов различных видов соединительных деталей как сложных конструкций, так и обычного вида. Так сложилось, что подобные методики были реализованы непосредственно в нормативных документах без предварительного детального анализа в научных публикациях.

Наиболее известным источником является сборник трудов специалистов компании «Келлог» (США), в котором в достаточно проработанном виде изложен принцип баланса площадей нагружения внутренним давлением и площадей восприятия нагрузок стенками детали. Другой принцип расчета соединительных деталей трубопроводов – так называемый метод замены площадей – использован в стандартах Американского общества инженеров-механиков (ASME).

Аналитические методы расчета соединительных деталей верифицированы на основе численного анализа напряженно-деформированного состояния соединительных деталей сложной конструкции по методу конечных элементов для различных сочетаний геометрических параметров деталей и условий нагружения.

## **Автоматизированный мониторинг как инструмент развития системы диагностического обслуживания**

*Д.П. Никулина  
(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)*

Необходимость оптимизации системы диагностического обслуживания оборудования и трубопроводов компрессорных станций (ДООКС) в условиях массового старения производственных фондов значительно повышает актуальность автоматизированных методов и средств непрерывного диагностирования – мониторинга.

В докладе освещаются результаты проведенного анализа перспектив внедрения таких систем и показано, что их успешная реализация сделает возможным:

- получение точных данных о техническом состоянии объектов в режиме реального времени;
- автоматизацию процедуры оценки технологических рисков и динамики их изменения на протяжении всего периода эксплуатации таких объектов;
- накопление и анализ данных о техническом состоянии объектов, что в перспективе отразится на точности оценки остаточного ресурса, позволит предупредить аварийные ситуации.

Развитие систем автоматизированного мониторинга видится наиболее действенным инструментом для трансформации системы ДООКС, поскольку комплексный анализ данных при реализации подобных проектов гарантированно позволит выявить новые диагностические признаки, улучшить точность, достоверность и эффективность технического диагностирования оборудования.

## **Система удаленного трендового контроля за параметрами работы двигателей**

*А.Р. Кужеев  
(ООО «Газпром трансгаз Уфа» –  
Инженерно-технический центр)*

Необходимость постоянного мониторинга изменения технического состояния двигателя АЛ-31СТ побуждает к использованию современных методов диагностики. Так, специалистами ООО «Газпром трансгаз Уфа» была разработана и в 2017 г. введена в эксплуатацию система трендового контроля параметров работы ГПА-16Р «Уфа» (далее – Система). На сегодняшний день к работе в Системе подключены автоматизированные рабочие места, расположенные в Инженерно-техническом центре, ПАО «ОДК-УМПО», в том числе на территории предприятия – разработчика двигателя ОКБ им. А. Люльки.

Реализация Системы трендового контроля позволяет решать следующие задачи:

- удаленный контроль технического состояния газоперекачивающего агрегата;
- расчет мощностных показателей;
- предупреждение возникновения внештатных ситуаций;
- выдача рекомендаций по эксплуатации оборудования;
- исключение человеческого фактора.

В качестве базовых методических документов при реализации Системы использовались методики завода-изготовителя АЛ-31СТ. В первую очередь это методика проведения трендового контроля, методики оценки технического состояния изделия АЛ-31СТ и перечень параметров работы двигателя, подлежащих измерению и контролю.

## **Оценка эффективности противообледенительной системы ГПА типа ГТК-10-4 с вихревыми насосами**

*А.И. Каменский  
(ООО «Газпром трансгаз Сургут»)*

Штатная система подогрева всасываемого воздуха газоперекачивающего агрегата типа ГТК-10-4 применяется для подогрева воздуха на входе в осевой компрессор (ОК) при температурах наружного воздуха в диапазоне от минус 7 до плюс 7 °С и ниже минус 25 °С, а также для подогрева лопаток входного направляющего аппарата (ВНА) ОК.

Устаревшая конструкция штатной системы подогрева всасываемого воздуха и существенные затраты топливного газа на ее эксплуатацию подтолкнули специалистов Общества на совместную разработку с ООО «НПФ «ЭМ-ТУРБО» противообледенительной системы (ПОС) с вихревыми насосами. Данное изобретение было запатентовано 25.07.2014 (патент РФ № 2573437).

Наличие в конструкции ПОС вихревых насосов позволяет снизить количество отбираемого воздуха и влияние работы ПОС на расход топливного газа за счет подмешивания продуктов сгорания к отбираемому воздуху. Также конструктивной особенностью ПОС является автоматизация подогрева лопаток ВНА ОК.

По результатам испытаний ПОС было подтверждено, что применение вихревых насосов позволяет снизить количество отбираемого воздуха и влияние на расход топливного газа до 2,5 % (влияние штатной системы подогрева всасываемого воздуха на расход топливного газа по результатам испытаний составило 10 %).

Фактический экономический эффект от использования изобретения «Противообледенительная система газоперекачивающего агрегата с газотурбинным приводом» за период с 01.01.2016 по 31.12.2018 гг. составил 10 087 792,7 руб.

## **Акустический датчик для технического диагностирования трубопроводной арматуры**

*А.Ю. Зиновьев*

*(ООО «Газпром трансгаз Саратов» –  
Инженерно-технический центр)*

Статистические данные, полученные на основе многолетних наблюдений и сбора результатов вторичной герметизации трубопроводной арматуры на различных объектах ПАО «Газпром», доказывают необходимость раннего обнаружения дефектов на уровне микропротечек, которые устранимы практически на 100 %.

Разработана опытная модель акустического датчика, направленная на повышение качества технического диагностирования трубопроводной арматуры на объектах Общества.

Технические характеристики модели акустического датчика по сравнению со своими штатными аналогами позволяют выявить микропротечки газа через затвор трубопроводной арматуры и, как следствие, оперативно принять меры к исключению неконтролируемого эрозионного разрушения последующей своевременной набивкой уплотнительной пастой, тем самым значительно продлить ресурс трубопроводной арматуры.

При детальном исследовании штатных акустических датчиков, а также при практическом их применении выявлен ряд конструктивных особенностей, влияющих на их неудовлетворительную работу.

Таким образом, целью работы явилась разработка акустического датчика, удовлетворяющего основным техническим критериям, исключающим недостатки штатных акустических датчиков. Это дает возможность выявления микропротечек газа через затвор трубопроводной арматуры и, как следствие, выявления эрозионного износа затвора на раннем этапе, что способствует исключению вырезки под замену.

## **Способ диагностирования вставок электроизолирующих с применением методов неразрушающего контроля**

*Е.И. Бондаренков, А.С. Белоногов  
(ООО «Газпром трансгаз Саратов»)*

На сегодняшний день средний срок эксплуатации системы газопроводов ООО «Газпром трансгаз Саратов» составляет более 30 лет. По этой причине с каждым годом все актуальнее становится вопрос контроля технического состояния элементов газотранспортной системы с целью обеспечения ее целостности. Одним из таких элементов является вставка электроизолирующая (ВЭИ).

Основной недостаток вставок любого типоразмера и конструкции – низкая прочность клеевого соединения на изгибающие, растягивающие, осевые нагрузки и кручение.

В настоящее время методик диагностического обследования ВЭИ с целью определения их технического состояния в процессе эксплуатации не существует.

На основании этих данных разработана методика технического диагностирования ВЭИ.

Результаты обследования подтвердили эффективность способа диагностирования электроизолирующих вставок и целесообразность его применения на объектах Общества, так как методика обследования работает без демонтажа вставок из трассы. Основным достижением данной работы можно назвать предотвращение аварии на входном газопроводе ГРС «Тамбов-2А».

## **Контроль качества нанесения изоляционных покрытий магистральных трубопроводов с применением активного тепловизионного контроля**

*Н.С. Коньков  
(ООО «Газпром трансгаз Томск»)*

Одним из факторов надежности эксплуатации магистральных трубопроводов является качество нанесения изоляционных покрытий. Действующие в настоящее время нормативные документы имеют ряд недостатков, что не позволяет визуально идентифицировать дефекты, соответственно, выбор мест замера может быть сделан неверно. Задачей настоящей работы является разработка метода проведения абсолютного контроля качества нанесения в трассовых и заводских условиях изоляционных покрытий на магистральные трубопроводы неразрушающим методом с применением активного тепловизионного контроля.

Для решения данной задачи был проведен ряд численных и натурных исследований. Была разработана математическая модель и рассмотрены потенциально возможные случаи возникновения дефектов. Один из них – воздушный пузырь. Был проведен ряд численных исследований, и в результате были получены характеристики дефектов, четко определяемых по термограммам. Далее на линейной части строительства магистральных трубопроводов в Дальневосточном федеральном округе был проведен ряд натурных экспериментов.

Результатами проведенной работы являются данные, описывающие удовлетворительные и неудовлетворительные характеристики качества адгезии изоляционных материалов, наносимых на магистральные трубопроводы, верифицированные как численными, так и натурными экспериментами. Разработаны методические рекомендации по проведению неразрушающего контроля изоляционных покрытий магистральных трубопроводов.

## **Оптимизация процесса гидравлических испытаний труб повторного применения методом «труба в трубе»**

*Л.В. Макшаков*  
(ООО «Газпром трансгаз Чайковский»)

Гидравлические испытания труб повторного применения (далее – трубы ПП) могут проводиться двумя способами:

- в заводских условиях с применением специальных стендов по ГОСТ 3845 с выдержкой под давлением не менее 20 с;
- в трассовых условиях в соответствии с СТО Газпром 2-2.3-231-2008 .

В настоящее время в Инженерно-техническом центре ООО «Газпром трансгаз Чайковский» (далее – ИТЦ) невозможно проводить гидравлические испытания труб ПП по первому способу, так как отсутствует стенд для проведения гидравлических испытаний труб. Поэтому гидравлические испытания труб проводятся по аналогии с трассовыми условиями. На гидравлические испытания труб ПП данным методом тратятся значительные трудовые и материальные ресурсы.

Предлагается перейти к гидравлическим испытаниям труб ПП по первому способу (в заводских условиях). Для этого необходимо оснастить участок по гидравлическим испытаниям специальным стендом.

Предлагается оригинальный метод «труба в трубе» для гидравлических испытаний труб ПП. Методика позволяет производить гидравлические испытания с минимальными затратами материальных и трудовых ресурсов и не требует значительных капитальных затрат на внедрение в ИТЦ.



## **Изучение дисперсионных эффектов, возникающих при хранении гелия в истощенных месторождениях**

*Г.Г. Файзрахманов*  
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

В настоящее время гелий является важным сырьевым ресурсом, который добывается в составе природного газа. Содержание гелия в природном газе колеблется в пределах от сотых и тысячных до нескольких процентов.

В данной работе проведены расчеты по оценке коэффициента гидродинамической дисперсии гелия как одного из важных параметров, влияющих на распределение гелия в пласте.

Основные опыты заключались в определении количества извлеченного из образцов газа и его состава на выходе при постоянном давлении на входе ( $P = 15 \div 2$  ат) для различных скоростей фильтрации. Коэффициент дисперсии определяется по формуле Хиеричи, которая получена из решения дифференциального уравнения диффузии с конвективным членом при вероятностном распределении концентрации.

Выводы:

1. В ходе исследования получена гипербола зависимости коэффициента дисперсии от количества ячеек по оси  $x$ .

2. Установлено, что количество разбиений в модели по оси  $z$  не влияет на величину дисперсии гелия.

3. Для точного решения задачи фильтрации газогелиевого состава газа рекомендуется исследование конкретного компонентного состава газа Чаяндинского месторождения, а также создание и внедрение компонентного состава газа в модели конкретных залежей.

## **Изучение реологических свойств каменной соли в условиях сверхдлительного одноосного нагружения**

*В.А. Агеев*

*(ООО «Газпром геотехнологии», НИТУ «МИСиС»)*

Обеспечение устойчивости подземных хранилищ газа (ПХГ) в соляных формациях является необходимым условием их эффективной и безопасной эксплуатации. Указанная устойчивость определяется качеством соответствующих проектных решений, принятие которых базируется на информации о физико-механических свойствах соляных горных пород вмещающего массива. Среди свойств каменной соли, оказывающих значительное влияние на устойчивость ПХГ, особое место занимают реологические свойства, определение которых наиболее трудоемко и связано с экспериментами в условиях действующих постоянных напряжений. Для корректного определения параметров ползучести требуется проведение нескольких экспериментов на образцах, схожих по структуре и механическим свойствам, при различных величинах постоянных напряжений.

В настоящее время известно большое количество экспериментальных исследований ползучести горных пород. Нормативными материалами расчетный срок для горнодобывающих предприятий или строительных объектов определяется 50 годами. Однако большинство экспериментов по определению параметров ползучести имеет продолжительность не более 500 ч.

Целью данной работы было проведение серии экспериментов для определения параметров ползучести на схожих по структуре образцах каменной соли в условиях одноосного сжатия при различных напряжениях продолжительностью не менее одного года.

# **Определение и взаимосвязь акустико-эмиссионных реологических характеристик каменной соли при длительных испытаниях в условиях повышенных температур при создании ПХГ**

*О.С. Кравченко  
(ООО «Газпром геотехнологии»)*

Месторождения, мощности по переработке и потребления населением газа находятся в различных частях нашей страны и зачастую на значительных расстояниях друг от друга. Одним из видов подземных хранилищ газа (ПХГ) являются сооружения, которые строятся в отложениях каменной соли путем выщелачивания.

Для строительства ПХГ в отложениях каменной соли необходимо знать физико-механические характеристики. Такие характеристики получаются в результате испытаний в лабораторных условиях. Все испытания проходят в основном при комнатных температурах. Однако на тех глубинах, где размещаются ПХГ, зачастую наблюдаются повышенные температуры, так например, температуры отложений каменной соли на Астраханском ПХГ могут достигать 55–60 °С.

Поэтому было решено произвести совместные определения реологических и акустико-эмиссионных свойств на образцах каменной соли при повышенных температурах в лабораторных условиях.

Была проведена серия экспериментов на образцах каменной соли, которые подвергались квазистатическому одноосному нагружению до постоянной отметки при различных повышенных температурах. При этом в ходе эксперимента одновременно регистрировались деформации образца и акустико-эмиссионные параметры. По результатам экспериментов были получены зависимости, отражающие изменения деформационных и акустико-эмиссионных параметров в функции от времени и температуры.

## **Исследование модуля захвата комплекса по ремонту подводных трубопроводов**

*И.И. Мерициди, К.Х. Шотиди, И.А. Мерициди  
(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)*

Разработанный Комплекс телеуправляемого необитаемого подводного аппарата (ТНПА) для ремонта подводных трубопроводов особенно актуален при операциях по предупреждению и ликвидации разливов нефти (далее – ЛРН) в морях Арктического региона. ТНПА имеет расположенные в передней и задней частях модули захвата трубы.

Исследование модуля проводились с целью получения следующих данных:

- произойдет ли смятие ремонтируемого участка трубы во время захвата, и необходимо ли ограничивать давление в системе гидравлического привода для предотвращения смятия трубы;
- обеспечит ли захват четкую фиксацию погружного блока на горизонтальной трубе при проведении ремонтных работ;
- каков максимальный уклон трубы, на котором может быть зафиксирован погружной блок ТНПА.

Была разработана расчетная схема сил, действующих на погружной блок ТНПА в момент фиксации захватов на трубе и проведения операций по зачистке трубы и установке гильзы и герметизатора. С одной стороны, наружное давление на трубу не должно превышать критическое, а с другой – давление на трубу должно обеспечить надежную фиксацию погружного блока как на горизонтальном, так и наклонном участке трубы.

Исследования показали, что разработанная конструкция модуля при весе погружного блока ТНПА 4 000 кг позволяет надежно его фиксировать на трубе 325 мм с толщиной стенки более 6 мм, расположенной под углом 90° и коэффициенте трения 0,2.

**СЕКЦИЯ  
«ПЕРЕРАБОТКА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ  
НЕФТИ И ГАЗА»**

## **Проведение лабораторных исследований по влиянию различных компонентов на качество сырья и готовой продукции УПБ**

*А.Ж. Ахмедова  
(АО «Газпромнефть-МНПЗ»)*

АО «Газпромнефть-МНПЗ» использует в качестве сырья установки получения битумов смесь гудронов с установок ЭЛОУ-АВТ-6 и АВТ-3 в смеси с вакуумным газойлем с установкой ЭЛОУ-АВТ-6.

В связи с модернизацией производства, вводом в эксплуатацию установки «ЕВРО+» и выводом морально устаревшей установки АВТ-3 прогнозируется применение только гудрона ЭЛОУ-АВТ-6, что существенно скажется на качестве получаемого битума за счет увеличения вязкости сырья.

В то же время вакуумный газойль, который вовлекается в качестве разбавителя в производство битума, является ценнейшим сырьем вторичных процессов. Поэтому целью работы является возможность замены вакуумного газойля на альтернативные разбавители без снижения качества дорожного битума марки БНД 60/90, соответствующего нормам ГОСТ 22245. Рассматриваются следующие фракции:

- затемненный продукт с ЭЛОУ-АВТ-6 (НЦО К-10);
- фракция 270-420 °С с установки Г-43-107;
- фракция > 420 °С с установки Г-43-107;
- висбрекинг – остаток с установки АТ-ВБ.

Задачами проекта являлись подбор смеси «гудрон : разбавитель» в необходимом процентном соотношении, окисление в лабораторном кубе, анализ на соответствие требований ГОСТ 22245 и исследование полученного битума на протяжении всего срока хранения.

Предложен проект врезки трубопровода в отвод гудрона, поступающий на установку получения битума, подсчитана смета затрат и основные показатели экономической эффективности.

## **Применение химических реагентов для понижения вязкости перекачиваемых нефтей**

*А.Ш. Гулиева*

*(Российский университет дружбы народов)*

Пропускная способность и экономическая эффективность нефтепровода зависят от свойств перекачиваемой по нему нефти. Основным препятствием для обеспечения необходимой скорости перекачивания является вязкость. Снижение вязкости перекачиваемой нефти уменьшает гидравлическое сопротивление трубопроводной сети, что сокращает энергозатраты на перекачку.

В районах добычи нефти с низкой температурой окружающей среды вязкость перекачиваемой жидкости достигает таких значений, что энергозатраты на перекачку значительно превышают стоимость добываемой нефти, а в некоторых случаях делают ее перекачку практически невозможной.

Одним из основных способов снижения вязкости нефти является добавление химических реагентов (депрессорных присадок). Депрессорные присадки к нефтям и тяжелым нефтепродуктам – это нефтерастворимые синтетические полимерные продукты, которые при введении в небольших количествах в нефть с повышенным содержанием парафина способны изменять ее вязкость и напряжение сдвига. Введение присадки существенно изменяет процесс кристаллизации в парафинистых нефтях.

Так, для успешной перекачки нефти по магистральному трубопроводу в нее достаточно ввести присадку с массовой концентрацией 0,1–0,2 %. В случае транспорта смеси высокозастывающей нефти с маловязкими нефтями эта концентрация может быть снижена.

## **Применение технологии гидродинамической кавитационной обработки высоковязких нефтей с целью повышения эффективности транспортировки**

*Е.С. Скворцова*

*(Российский университет дружбы народов)*

Характерной особенностью современной нефтедобычи является увеличение в мировой структуре сырьевых ресурсов доли трудноизвлекаемых запасов. В связи с тенденцией истощения запасов легких нефтей в мире возрос интерес к трудноизвлекаемым нефтям, в том числе к высоковязкой нефти.

По мнению многих ученых, наиболее перспективным способом изменения реологических свойств нефти (структурная вязкость, температура застывания и др.) является гидродинамическая кавитационная обработка.

Кавитация представляет собой средство локальной концентрации энергии низкой плотности в высокую, связанную с пульсациями и захлопыванием кавитационных пузырьков. В фазе разрежения акустической волны или за счет местного понижения давления при обтекании твердого тела в жидкости образуются каверны, которые заполняются насыщенным паром данной жидкости. В фазе сжатия под действием повышенного давления и сил поверхностного натяжения каверна захлопывается, а пар конденсируется на границе раздела фаз. Через стены каверны в нее диффундирует растворенный в жидкости газ, который затем подвергается сильному адиабатическому сжатию.

Технология гидродинамической кавитационной обработки вязких нефтей может быть весьма перспективным направлением и энергоресурсосберегающим способом воздействия и управления реологическими свойствами при решении задач транспортировки нефтей.



**Влияние фракционного состава базового дизельного  
топлива на приемистость к депрессорно-  
диспергирующей присадке, при приготовлении  
товарного дизельного топлива  
в осенне-зимний период, на базе статистических  
данных  
2018–2019 года**

*А.А. Шабельникова*  
(АО «Газпромнефть-МНПЗ»)

Улучшение низкотемпературных свойств дизельных топлив имеет практическое значение, связанное с особенностями климата России, а также с недостаточными мощностями НПЗ по выработке зимних топлив. Тема является актуальной и перспективной, поскольку применение депрессорно-диспергирующих присадок в дизельном топливе считается технологически и экономически оправданным, что ведет в свою очередь к повышению эффективности нефтепереработки.

В докладе представлены зависимости, наглядно демонстрирующие влияние фракционного состава на приемистость депрессорно-диспергирующей присадки, а также возможную прибыль за счет увеличения конца кипения гидрогенизата ЛЧ-24-2000 и увеличения выхода фракции дизельного топлива.

По итогам оценки эффективности перерасход вводимой присадки составляет 24,8 р/т. Также рассчитан возможный бонус за счет увеличения конца кипения гидрогенизата ЛЧ-24-2000.

Согласно SWOT-анализу данное решение принесет прибыль компании за счет отсутствия перерасхода присадки, а также увеличения пула дизельного топлива благодаря увеличению конца кипения гидрогенизата ЛЧ-24-2000.

В результате при повышении конца кипения дизельного топлива с 346 до 360 °С выход фракции дизельного топлива на установке первичной переработки нефти увеличится на ≈ 0,8 %. По предварительной оценке, бонус за счет увеличения конца кипения дизельного топлива составит ≈ 6,454 млн руб. в месяц. При обеспечении стабильности конца кипения дизельного топлива для межсезонного топлива ДТ-Е-К5 сорта F на уровне 360 °С возможная экономия депрессорно-диспергирующей присадки для производства сорта F составит 24,8 руб./т дизельного топлива.

## **Синтез ПАВ для ХМУН на установке по производству сульфонатных присадок ОЗСМ**

*Д.С. Кузнецов, Д.К. Баймагамбетов  
(ООО «Газпромнефть – Смазочные материалы»)*

Одной из стратегических целей компании «Газпромнефть» является выход на добычу 100 млн т нефтяного эквивалента. Одним из вариантов по достижению данной цели является ASP-технология увеличения нефтеотдачи на существующих месторождениях. ASP- или ПАВ-полимерное заводнение относится к третичным методам увеличения нефтеотдачи, которые позволяют добыть до 70 % нефти от начального объема из месторождения.

Цель проекта: оценка возможности производства анионных ПАВ для ASP-заводнения на базе установки «Сульфонатные присадки» ОЗСМ

Задачи:

1. Изучить основы технологии ASP-заводнения.
2. Оценить возможность производства ПАВ на существующем оборудовании.
3. Оценить технико-экономическую целесообразность модернизации оборудования.

В данном проекте изучена технология приготовления коктейля ПАВ. Предлагается производить ПАВы на существующем оборудовании установки «Сульфонатные присадки» ОЗСМ. Выполнена предварительная оценка инвестиций для реализации производства 20 000 т ПАВ.

Экономическое обоснование:

- затраты на реализацию проекта составляют 725 млн руб.
- NPV: 1145 млн руб.
- срок окупаемости проекта: 4,4 года.

**Проект утилизации попутного нефтяного газа  
с применением энергосберегающих технологий на  
основе  
пинч-анализа в ООО «НГХК»**

*И.И. Шаймухаметов  
(ООО «НГХК»)*

Актуальность проблемы утилизации попутного нефтяного газа (ПНГ) во многом связана с изменением законодательной базы процесса регулирования загрязнения атмосферного воздуха продуктами сжигания ПНГ. Требования снижения уровня сжигания ПНГ и увеличения доли его переработки как ценного углеводородного сырья выдвигаются правительством нашей страны в течение последних лет.

Одним из возможных способов решения вышеуказанной задачи является способ утилизации ПНГ путем глубокой переработки на базе Новоуренгойского газохимического комплекса (ООО «НГХК») с получением дополнительных целевых углеводородов, прежде всего широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ).

С применением пинч-анализа рассмотрен узел разделения C1/C2+. В ходе работы была предложена новая схема обвязки пластинчатого теплообменника куба колонны разделения C1/C2+, которая по сравнению с существующей является более оптимальной. Существующая схема предполагает использование пропанового холодильного цикла с изотермой плюс 10° для поддержания температуры в кубе колонны. При переходе на предлагаемую схему организации теплообмена увеличивается рекуперация тепла благодаря дополнительному охлаждению сжатой метановой фракции после компрессора К-1 в пластинчатом теплообменнике, что позволяет добиться экономии электрической энергии до 63 % за счет уменьшения расхода воздуха, используемого для эксплуатации аппарата воздушного охлаждения.

## **Расчет теплоты сгорания газа на объектах газотранспортной сети на основе математического моделирования**

*И.О. Глухова*

*(ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород»)*

Отслеживание качества и теплоты сгорания газа осуществляется на основании полученной информации о качестве газа в тех местах газопровода или газотранспортной сети, где не установлены средства измерений показателей качества газа. Одним из точных методов определения теплоты сгорания, подходящего для взаиморасчетов за поставляемый газ, является метод воспроизведения значений теплоты сгорания (воспроизведения состояний).

Разработана математическая модель для воспроизведения состояния теплоты сгорания на основе топологии сети и объемных расходов потоков газа. Преимуществом таких вычислений является снижение затрат на закупку нового оборудования для определения теплоты сгорания природного газа.

## **Развитие использования газомоторного топлива, особенности автомобилей на КПГ: проблемы и перспективы**

*Д.Н. Екимов  
(ООО «Газпром трансгаз Москва»)*

За последние пять лет значительно увеличилось количество транспортных средств на сжатом природном газе (СПГ) в качестве моторного топлива как на территории Российской Федерации так и за ее пределами. Парк транспортных средств должен отвечать требованиям международных стандартов безопасности, экологии и надежности. Актуальность выбранной темы обусловлена наличием материально-технического базиса, необходимого для замещения традиционных видов топлив новым видом – газовым топливом.

В докладе рассматриваются различные аспекты применения газомоторного топлива, включая экономический, экологический, особенности технического обслуживания транспортных средств на СПГ, уровень развития необходимой инфраструктуры. Проведен анализ экономического эффекта на примере транспортного филиала ООО «Газпром трансгаз Москва» «Управление технологического транспорта и специальной техники».

## **Оптимизация производства и потребления водорода на АО «Газпромнефть-МНПЗ»**

*А.И. Гараев, Ю.В. Лукьянец  
(АО «Газпромнефть-МНПЗ»)*

На предприятии АО «Газпромнефть-МНПЗ» испытывается дефицит водорода, особенно когда катализатор на установках риформинга подходит к концу рабочего цикла. Также происходит потеря водорода со сдувками ВСГ в топливную сеть. Данная ситуация снижает экономическую эффективность предприятия в целом. Согласно имеющемуся бизнес-плану после пуска КУПН установка риформинга Л-35-11/300М будет выведена из эксплуатации, а установка риформинга ЛЧ-35-11/1000 и КЦА цеха № 2 будут законсервированы до пуска КГПН. Поэтому вопрос распределения водорода на МНПЗ как на текущий момент, так и на перспективу является актуальным.

Предлагается схема распределения потоков ВСГ с установок завода, направляемых в топливную сеть, с целью извлечения из данных потоков чистого водорода, СУГ и компонента автомобильного бензина.

Реализация проекта позволит получить дополнительное количество водорода (до 11 % от текущего производства), также увеличится объем производства СУГ и автомобильного бензина.

Повысится стабильность и безопасность работы печей завода за счет снижения содержания водорода в топливном газе, а также снизится воздействие на экологию за счет замещения направляемых в топливную сеть углеводородных сдувок природным газом. Параллельная работа двух установок КЦА позволит обеспечить бесперебойное производство водорода даже при снижении производительности или останове одной из установок КЦА.

## **Применение системного анализа на примере установки атмосферной перегонки нефти**

*А.Н. Некипелов  
(ПАО «Газпром нефть»)*

Большинство объектов отечественных НПЗ обладают значительным потенциалом для повышения операционной эффективности. Потенциал обусловлен скрытыми резервами на стыке технологии, управления, оборудования, гармонизация которых позволяет повысить производственные показатели объекта. Реализация потенциала возможна на основе применения системного (междисциплинарного) подхода с минимальными затратами на совершенствование процесса.

Основная цель работы – выявление потенциалов повышения экономической эффективности.

Анализ объекта подразумевает максимальное использование производственных данных (временные ряды контролируемых параметров технологического режима и показателей качества), извлечение информации и ее преобразование в знание. В ходе индентификации выявляется скрытая структура объекта (ключевые параметры, зависимости). Опираясь на критерии, законы, лучшие практики, дается физическая интерпретация полученным зависимостям, определяется корневая причина недостаточно эффективной эксплуатации объекта. Статическая и динамическая модели способствуют описанию текущего состояния и используются для последующей разработки комплексных решений, направленных на устранение корневых причин.

Как результат – направления совершенствования процесса с минимальными затратами.

Методы системного инжиниринга надежно решают главную задачу дня – повышение конкурентной способности и экономической эффективности активов наименее затратным способом. Комплексные решения, устраняющие корневую причину проблемы, носят мультипликативный характер и попутно решают ряд остальных проблем (устраняются следствия).

**СЕКЦИЯ  
«ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ И ПРОМЫШЛЕННАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ. АНАЛИЗ РИСКОВ.  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ»**



## **Нарушения охранных зон и минимальных расстояний при эксплуатации опасных производственных объектов ПАО «Газпром»**

*Д.В. Котков*  
(ООО «Газпром газнадзор»)

В докладе сделан обзор существующих нормативных документов в области охранных зон и минимальных расстояний. На основе статистических данных выполнен анализ причин возникновения нарушений охранных зон и минимальных расстояний. Сформулированы проблемы законодательного регулирования охранных зон и минимальных расстояний, а также систематизированы основные методы выявления нарушений охранных зон и минимальных расстояний. Дан обзор способов идентификации и опыт (положительный, отрицательный) устранения нарушений охранных зон и минимальных расстояний. Представлен результат анализа зарубежной практики решения рассматриваемой проблемы. Даны рекомендации по предупреждению нарушений охранных зон и минимальных расстояний.

## **Оптимизация и повышение эффективности методов ремонта линейной части магистральных газопроводов**

*Д.Н. Маяцкая  
(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)*

В докладе рассматривается актуальная тема обеспечения безопасного и бесперебойного функционирования газотранспортной системы, что предполагает разработку мероприятий, связанных с предотвращением возникновения аварий и аварийных ситуаций, а также минимизацией рисков нанесения ущерба третьим лицам при эксплуатации магистральных газопроводов. Определение необходимого и достаточного объема, а также периодичности ремонтных работ.

Целью доклада является выявление закономерностей развития дефектов различной природы от технических и эксплуатационных параметров магистрального газопровода. Задачами являются: оценка наработки до отказа в зависимости от картины дефектных повреждений; построение вероятностной модели развития дефектов, в том числе коррозионных растрескиваний металла под напряжением; определение концепции сроков проведения диагностического контроля, а также полноты и объема ремонтных работ и капитального ремонта.

Для достижения поставленных целей и решения задач необходимо провести обработку статистических данных результатов технического диагностирования, произвести расчет остаточного ресурса магистрального газопровода в соответствии с глубиной коррозионных поражений и установить зависимость развития дефектов.

Практической ценностью работы является обоснованное сокращение затрат, связанных с ликвидацией последствий возможных аварийных ситуаций и эффективностью проведения ремонтных работ.

## **Разработка методики выявления отказов на линейной части магистрального газопровода с помощью применения методов прогнозирования**

*И.С. Казанцев*

*(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)*

В ходе анализа сведений, содержащихся в ежегодных отчетах, было выявлено снижение интенсивности аварий на газопроводах. Тем не менее актуальной остается проблема выявления отказа магистрального газопровода заблаговременно. Применение статистических методов, теории вероятностей и аппарата искусственных нейронных сетей позволят повысить достоверность результатов по предупреждению отказа.

В докладе приводится анализ существующих методов прогнозирования и возможность применения их в качестве инструмента для выявления отказа магистрального участка газопровода в период нормальной эксплуатации. Эффективное применение методов прогнозирования поможет снизить вероятность ошибок, позитивно повлияет на уровень управленческих решений и точность выявления времени и места отказа. Точность прогноза характеризуется степенью соответствия величины вероятности безотказной работы газопровода, полученной в результате прогноза и фактической нагрузки. Выявлены факторы, которые оказывают большее влияние на выбор метода прогнозирования вероятности безотказной работы магистрального газопровода.

Содержится сравнительный анализ методов прогнозирования, алгоритм получения сведений, позволяющих построить прогноз, программа выдвижения гипотезы о теоретическом законе распределения времени безотказной работы газопровода с учетом вычисленного значения давления газа в выбранной координате.

## **Методика оценки степени опасности дефектных кольцевых сварных соединений, выявленных при проведении внутритрубной диагностики, на потенциально опасных участках**

*А.А. Петров*

*(ООО «Газпром трансгаз Нижний Новгород»)*

Методика основывается на расчете и оценке напряженно-деформированного состояния газопровода, находящегося на потенциально опасном участке, под действием изгибных нагрузок, с учетом напряжений, возникающих в кольцевых сварных соединениях.

Методика устанавливает следующий алгоритм действий:

1. Анализ проектной, исполнительной и эксплуатационной документации рассматриваемого участка газопровода.

2. Расчет напряженно-деформированного состояния участка газопровода под действием изгибных нагрузок.

3. Расчет сопротивления растяжению (сжатию) металла труб и сварных соединений по СП 36.13330.2012 «Магистральные трубопроводы».

4. Оценка степени опасности дефектных кольцевых сварных соединений, выявленных по результатам внутритрубной диагностики, с учетом полученных расчетных напряжений.

5. Назначение позиций для наружного обследования аномалий кольцевого шва согласно отчету внутритрубной диагностики, установление сроков наружного обследования.

Внедрение данной методики позволило повысить достоверность оценки технического состояния и качества мероприятий по дальнейшей эксплуатации потенциально опасных участков магистральных газопроводов путем проведения дополнительных расчетных оценок, основанных на анализе критичности аномалий кольцевого шва.

## **Использование робототехнического комплекса при ликвидации открытых нефтяных и газовых фонтанов на скважинах**

*А.А. Щетинин, И.Н. Рыбанов  
(ООО «Газпром газобезопасность»)*

Проведение аварийно-восстановительных работ при ликвидации открытых газовых и нефтяных фонтанов сопряжено с высокой степенью риска, особенно если работы проводятся в непосредственной близости от горящего фонтана.

Оперативный персонал военизированных частей, проводя работы по растаскиванию оборудования с целью расчистки устья фонтанирующей скважины от разрушенного оборудования буровой установки или демонтажа поврежденного устьевого и противовыбросового оборудования скважины, подвергается воздействию повышенных температур (свыше 400 °С), повышенного уровня шума (от 150 дБ), а также существует высокая вероятность поражения открытым пламенем.

Одним из приоритетных направлений, активно развиваемых в ООО «Газпром газобезопасность», является внедрение инновационного оборудования и технологий, в том числе применение роботизированного дистанционно-управляемого оборудования.

## **Прогнозирование рисков на основе методики определения готовности персонала к выполнению работ с учетом влияния психофизиологических факторов**

*Д.Ю. Захаров (ООО «Газпром ПХГ»),  
К.В. Ремишеская (ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)*

Выявление негативных факторов влияния на рабочие процессы является основой для разработки методов психологического обеспечения деятельности персонала, а также совершенствования процедур профессионального отбора и допуска к работам повышенной опасности. Основной проблематикой является фактическое отсутствие оценки состояния, в котором находится человек во время процедур оценки готовности к выполнению профессиональных задач.

Работа посвящена учету психофизиологических факторов при оценке готовности и профессионально важных качеств персонала, а также созданию эффективного механизма прогнозирования рисков на опасных производственных объектах на его основе.

Неоптимальное функциональное состояние может стать причиной низких результатов процедур оценки испытуемого, относительно кандидатов, находящихся в оптимальной психофизиологической форме. Учитывая физическую невозможность приведения кандидатов в одинаковое состояние и тем самым создания одинаковых условий для оценки, актуальным становится вопрос разработки механизма учета влияния психофизиологических факторов, позволяющего прогнозировать эффективность деятельности человека в различных состояниях на основе одного комплексного «измерения» в определенный момент времени.

Кроме того, разработка данного механизма позволит решить обратную задачу – расчет вероятности возникновения и эскалации аварийных ситуаций на основе данных о функциональном состоянии персонала.

## **Методический подход к оценке интегрального показателя профессионального риска на компрессорных станциях в условиях Арктики**

*И.Н. Алексеев*  
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

Эксплуатация технологического оборудования компрессорных станций магистральных газопроводов при низкотемпературных условиях характеризуется рядом специфических особенностей, влияющих на уровень безопасности жизни и здоровья персонала. В связи с этим актуальным является оценка профессионального риска как с учетом возникновения и развития чрезвычайных ситуаций, так и при штатной работе. Выработанный методический подход, освещаемый в докладе, позволил определить рекомендации для снижения профессионального риска работников компрессорных станций магистральных газопроводов в условиях арктического и субарктического климата.

## **Внедрение новых технологий для повышения безопасности работников. «Умная каска»**

*М.А. Яковлев  
(ООО «Ноябрьскэнергонефть»)*

Основная цель выполненной работы – повысить уровень соблюдения требований охраны труда и эффективность использования человеческих ресурсов за счет уменьшения простоя работников путем внедрения современных технологий, таких как «умная каска». Данная технология обладает такими функциями, как контроль наличия каски на голове сотрудника в режиме реального времени; определение местоположения сотрудника; фиксация ударов по каске; определение падения сотрудника; вызов помощи и др.

Задачи:

1. Проанализировать рынок современных технологий, существующих на сегодняшний день, на предмет более подходящих для ООО «Ноябрьскэнергонефть».

2. Сравнить «умную каску» с другими современными системами контроля персонала.

В результате были сделаны следующие выводы.

Внедрение «умных касок» не принесет экономического эффекта, но повысит уровень соблюдения требований охраны труда в организации и, как следствие, снизит уровень травматизма. Также внедрение «умных касок» позволит усилить контроль за персоналом, что в свою очередь повысит эффективность работы из-за уменьшения простоя персонала.



**Автоматизация производственной безопасности  
Блока логистики переработки и сбыта ПАО «Газпром  
нефть».  
КОНТУР безопасности БЛПС**

*Е.И. Андреева  
(ООО «ИТСК» – Дирекция переработки и сбыта)*

Цели проекта:

1. Создание информационно-технологической системы по сбору и анализу показателей, влияющих на производственную безопасность.
2. Снижение рисков возникновения происшествий в Блоке логистики переработки и сбыта (БЛПС) за счет принятия превентивных мер и оперативного реагирования.
3. Повышение уровня культуры безопасности производства благодаря вовлечению 100 % работников в процедуры выявления отклонений, нарушений и оценки рисков.

Результаты проекта: создана информационно-технологическая система «КОНТУР безопасности БЛПС», объединяющая функциональные модули по приоритетным направлениям для фиксации отклонений и нарушений (производственный и экологический контроль, ЛПК, карты наблюдений, ЛПАБ), для оценки рисков проектных решений (HAZOP, SIL) и операционной деятельности (модель причинно-следственной связи). Также для совокупного анализа отклонений и принятия управленческих решений разработаны аналитические приложения.

В результате реализации проекта компания получит всесторонний контроль за состоянием производственной безопасности.

## **Система хранения ключей. Электронная ключница с биометрической идентификацией**

*К.А. Мазаева (Устименко)*  
(ООО «Ноябрьскэнергонефть»)

Цель проекта: оптимизация процесса хранения и выдачи ключей от электроустановок.

Возможности электронной ключницы с биометрической идентификацией:

- удобное и современное решение;
- многофункциональна и достаточно проста в использовании;
- позволит значительно сократить процедуру выдачи и сдачи ключей от электроустановок;
- обеспечит сокращение места для монтажа на стене.

Управление системой хранения ключей:

1. Доступ к ключнице будет возможен только авторизованным пользователям, права которым назначаются индивидуально.

2. Большой сенсорный дисплей позволит не только просто, но и легко управлять системой хранения ключей, а также быстро получить любую интересующую информацию: к примеру, кто и когда взял ключ, причина выдачи ключа и отчет по сдаче ключа. (Данная функция удобна для выдачи ключей в аварийных ситуациях.)

3. Возможность сформировать и распечатать отчеты любого рода. (сформировать журнал выдачи ключей).

4. Система позволит осуществить доступ к ключам картой доступа и/или отпечатком пальца без ввода дополнительной информации.

5. Также можно просматривать историю событий, осуществлять поиск ключей по номеру, названию.

Как результат электронная ключница с биометрической идентификацией:

- автоматизирует систему хранения и выдачи ключей от электроустановок;
- обеспечит безопасное хранение ключей;
- исключит человеческий фактор;
- обеспечит контроль за персоналом;
- существенно сэкономит время сотрудников.

Тем самым повысится уровень безопасности на производстве.

# Цифровая система мониторинга автотранспорта БЛПС

*Е.Н. Мирошниченко*  
(ПАО «Газпромнефть»)

Основные положения:

1. Предпосылки появления системы мониторинга, используемые технические решения и особенности архитектуры.
2. Система как драйвер перехода от реактивного реагирования на ДТП и их последствия к проактивному управлению безопасностью на автотранспорте.
3. Процесс и эффекты от применения онлайн диспетчеризации (АРМ диспетчера).
4. Принципы автономной работы системы. Речевой модуль на борту транспортного средства.
5. Роль системы в повышении прозрачности статистики (автоматизированное выявление скрытых ДТП по косвенным признакам).
6. Интеграция с ключевыми процессами: выпуск на линию, автоматизированный медицинский осмотр, психофизиологическое тестирование водителей и т.д.

НИОКРы и перспективы развития:

- система как источник данных для применения искусственного интеллекта (прогнозирование вероятности ДТП).
- Первые результаты;
- работа модуля автоматизированной обработки видеопотока с камер в салоне автомобиля.

## **Разработка защиты от витковых замыканий в обмотке статора генератора**

*Н.А. Митрофанов  
(ООО «Газпром добыча Ямбург»)*

Одним из самых сложных объектов в электроэнергетике, которому всегда уделяется пристальное внимание при его защите и диагностике, является синхронный генератор.

Но все отклонения от режимных параметров возможно выявить простыми алгоритмами и точной системой измерения. К одним из таких режимов относится несимметрия фазных обмоток статора, вызванная наличием в ней витковых замыканий. Стандартный подход к решению данной проблемы не приносит желаемого результата, т.е. защита не обладает требуемой чувствительностью к такому виду повреждений. Но пренебрежение таким режимом работы генератора при отсутствии ранней диагностики может в значительной степени усугубить последствия повреждения. Речь идет о возможном развитии аварии и переходе межвитковых замыканий в замыкания на корпус машины, междупазных КЗ. В таких случаях ущерб от аварии возрастает в десятки раз и может привести к несчастным случаям на производстве.

Диагностике и выявлению витковых замыканий в синхронном генераторе посвящено настоящее исследование. Выполнен анализ чувствительности релейной защиты генератора к межвитковым коротким замыканиям на примере результатов расчета в математической модели переходных процессов в генераторе с нарушением симметрии обмотки статора, с учетом влияния демпферных контуров на переходной процесс и насыщения магнитной системы.

На основании предложенной математической модели работы системы предлагаются несколько алгоритмов раннего выявления витковых замыканий в обмотке статора генератора.

## **Метод частотного анализа контроля состояния обмоток силовых трансформаторов**

*Д.А. Федоров*  
(ООО «Газпром энерго»)

Все используемые на сегодняшний день методы контроля состояния обмоток силовых трансформаторов являются референсными, то есть основанными на сравнительном анализе данных первичного и текущего измерений.

В качестве первичных принимаются измерения при приемосдаточных испытаниях, вносимые в паспорт трансформатора, либо измерения, производимые на трансформаторе по данному методу впервые.

Возникновение дефектов и повреждений в ряде случаев обуславливает изменение активного и индуктивного сопротивлений обмоток, а также тока и потерь холостого хода. Следовательно, изменение электромагнитных параметров трансформатора может свидетельствовать о наличии дефекта обмотки.

Для генерирующих компаний срыв поставок электроэнергии вследствие повреждения трансформатора грозит значительными экономическими потерями.

Таким образом, надежная работа силового трансформатора, являющегося ответственным звеном любой электрической сети, имеет под собой не только технологическую подоплеку в части бесперебойности поставок электроэнергии, но и финансовую, что обусловлено реформированием энергосистемы Российской Федерации в целом.

В докладе отражены результаты применения метода частотного анализа состояния обмоток силовых трансформаторов для предупреждения возникающего дефекта. Проведены измерения и расчеты для выявления дефектов силовых трансформаторов. Построена модель обмоток силовых трансформаторов, позволяющая рассчитывать частотные характеристики дефектных обмоток.

## **Резервное питание станций управления**

*А.И. Бухаров*  
(ООО «Ноябрьскэнергонефть»)

В настоящее время для добычи нефти широко применяются погружные насосы, подключаемые к станциям управления, являющимся частотно-регулируемыми преобразователями. В аварийных ситуациях происходит остановка станций управления.

Предлагается изготовить так называемый дистрибьютор для организации резервного питания станций управления и подключить резервный источник непосредственно к звену постоянного тока, модернизируя схему питания.

Данное устройство – дистрибьютор – предназначено для организации резервного питания станций управлений: модернизируя схему питания и научив станцию управления принимать питание по шине постоянного тока.

Эффективность применения данного устройства при аварийных отключениях высока. Применение его целесообразно, так как всего несколько отключений и устройство полностью окупает затраты на изобретение и сборку.

Актуально для месторождений, где электроснабжение устроено таким образом, что нет возможности установить БАВР или систему с использованием АКБ.

Предлагается установка дистрибьютора выборочно на скважинах, превышающих дебит 50 т/сут.

Данный дистрибьютор рассчитан на 4-5 станций управления, его стоимость ориентировочно составляет 1 594 970 руб. Но случись всего две аварии, и он покроет все вложения, а в дальнейшем будет приносить доход.

## **Расчет и проектирование газомасляного теплообменника для ГПА-16 «Волга»**

*Д.А. Едutow*  
(ООО «Газпром трансгаз Казань»)

ГПА-16 «Волга» – газоперекачивающий агрегат, созданный на базе модельного ряда двигателей АО «КМПО», предназначен для использования на станциях подземного хранения газа и перекачки газа по трубопроводам.

Объектом исследования послужила масляная система двигателя, предназначенная для смазки и охлаждения узлов трения. На сегодняшний день охлаждение масла осуществляется аппаратом воздушного охлаждения масла (АВОМ), который в своей конструкции содержит вентиляторы, требующие дополнительного потребления электроэнергии. Цель работы заключалась в поиске энергоэффективного решения в области охлаждения масла.

Предметом исследования стал газомасляный теплообменный аппарат, который предлагается рассчитать и внедрить в конструкцию ГПА взамен АВОМ.

В настоящее время данная тема является особенно актуальной, так как:

- 1) предприятия нефтегазовой отрасли находятся в постоянном поиске энергоэффективных решений;
- 2) применение газомасляного теплообменника позволит отказаться от подогрева топливного газа и воздушного охлаждения масла на рабочем режиме;
- 3) позволит уменьшить количество оборудования, зависящего от электроники, подшипников, механизмов вращения, воздействия внешних факторов, что в свою очередь повышает надежность ГПА.

## **Дополнительное охлаждение блок-контейнера газопоршневой электростанции приточной вентиляцией при помощи радиаторов**

*А.С. Шамгунов, М.В. Шмырев  
(ООО «Ноябрьскэнергонефть»)*

Цели проведенной работы:

1. Понизить температуру в блок-контейнере газопоршневого агрегата в летний период.
2. Повысить мощности газопоршневого агрегата.
3. Уменьшить риски аварийных остановок автономного энергокомплекса по предельно допустимой температуре газопоршневого агрегата.

При эксплуатации газопоршневой электростанции в летний период, когда температура воздуха достигает предельных отметок, возникает опасность аварийной остановки энергокомплекса по предельно допустимой температуре охлаждающей жидкости, надувочного воздуха. Предлагается установить дополнительные радиаторы охлаждения в окно забора воздуха для снижения внутренней температуры блок-контейнера газопоршневого агрегата.

В результате выполненных работ можно сделать следующие выводы.

Использование дополнительного охлаждения приточного воздуха в блок-контейнере позволит снизить температуру надувочного воздуха, охлаждающей жидкости, что в свою очередь снизит риск аварийных остановок энергокомплекса. Тем самым повысится производительность энергокомплекса.



## **Концепция энергоэффективного водопользования с нулевым сбросом загрязняющих веществ на компрессорных станциях магистральных трубопроводов**

*Н.И. Козлов*

*(ООО «Газпром трансгаз Югорск»)*

Основная производственная задача ООО «Газпром трансгаз Югорск» (далее – Общество) – обеспечение бесперебойного транспорта газа от месторождений севера западной Сибири и полуострова Ямал потребителям России, стран ближнего и дальнего зарубежья.

Для обеспечения нормального производственного цикла и создания комфортных условий для труда и отдыха персонала Общество вынуждено также осуществлять деятельность по добыче природных вод, очистке воды до уровня требований Сан-ПиН 2.1.4.1074-01 «Вода питьевая...», транспортировке воды потребителям, сбору и очистке образующихся сточных вод.

Учитывая понесенные Обществом затраты, целесообразна разработка и реализация технических решений, направленных на повторное использование очищенной воды.

Концепция энергоэффективного водопользования с нулевым сбросом загрязняющих веществ на компрессорных станциях магистральных трубопроводов включает в себя:

- глубокую биологическую очистку сточных вод;
- доочистку сточных вод методом ультрафильтрации;
- обессоливание воды методом обратного осмоса и ее дальнейшее использование на технологические нужды;
- повторное использование обессоленной воды для технических нужд КС;
- возвращение солевого концентрата от блоков ультрафильтрации и обратного осмоса в усреднитель КОС для фиксации загрязняющих веществ в биомассе активного ила.

## Автоматизированная система мониторинга выбросов

*Е.В. Громов*  
(АО «Газпромнефть-МНПЗ»)

Выполнялся выбор газоанализаторов.

Анализ перечня веществ ограничил количество оборудования, способного измерить компоненты.

Изучено оборудование 53 фирм, включая документацию на газоанализаторы, и опыт их эксплуатации в России и за рубежом.

Выполнены испытания пяти газоанализаторов разных фирм, на разных принципах измерения, на постах АСМВ установок МНПЗ. В том числе проведены испытания хроматографа на  $H_2S$ .

Высокие результаты испытаний показал анализатор фирмы Opsis. Он обеспечил измерение восьми разных газов одновременно:  $SO_2$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ ,  $CO$ ,  $CO_2$ ,  $H_2S$ ,  $H_2O$ ,  $O_2$ , на самом сложном газе – технологическом газе УПС.

В конце испытаний была выполнена контрольная проверка ГПБУ «Мосэкомониторинг» с помощью переносных газоанализаторов Testo-350. Результаты измерений анализаторов Opsis совпали с результатами измерений ГПБУ «Мосэкомониторинг» в пределах требуемой погрешности измерения.

По результатам испытаний газоанализатор Opsis был рекомендован к применению в системах АСМВ.

## **Путь снижения технологических выбросов отработанного газа АДГУ, ГПА, ДЭС**

*А.А. Лисаконов, А.И. Дятлов  
(ООО «Ноябрьскэнергонефть»)*

Обоснование выбора темы:

- 1) неактуальность действующей выхлопной системы;
- 2) экологический фактор;
- 3) снижение затрат на вредные выбросы в атмосферу.

Цели и задачи проекта:

- 1) улучшение экологического аспекта на ДГУ и ГПА;
- 2) уменьшение вредных выбросов из отработанных газов;
- 3) отсутствие влияния вредных факторов на работников компании «Газпром»;
- 4) модернизация выхлопной системы согласно международным стандартам;
- 5) ежегодное снижение затрат на экологические издержки;
- 6) создание новых, реконструкция действующих основных АДГУ, ГПА, ДЭС.

Полученные результаты и выводы:

- снижение выбросов в атмосферу на 10 %;
- снижение расходов на экологические издержки (природоохранные затраты);
- снижение вредных воздействий на работников компании «Газпром».

# **Методический подход к оценке энергетической эффективности трубопроводного транспорта газа с использованием численных методов линеаризации**

*Н.И. Иванова*

*(Самарский государственный технический университет)*

На сегодняшний день актуальна задача повышения эффективности существующих методов оценки показателей ТЭР путем учета динамики показателей эксплуатации магистрального трубопровода.

Для повышения эффективности существующих методов и практической значимости получаемых результатов требуется количественно оценивать влияние каждого из параметров технологического процесса для планирования энергосберегающих мероприятий. Кроме того, необходимо разработать систему критериев энергетической эффективности, включающую в себя показатели различных технологических уровней в абсолютном, удельном и стоимостном выражениях.

В докладе представлены:

- математическая модель оценки энергоэффективности, основанная на методе малых отклонений, позволяющем получить в линейных зависимостях влияние каждого параметра на целевую функцию показателей энергоэффективности;
- подход к разработке комплексной системы показателей энергетической эффективности газопроводов;
- интегральный критерий оценки эффективности режимов работы магистрального газопровода, обеспечивающий сравнение в сопоставимых условиях эксплуатации, с учетом динамики режимов работы трубопроводов.

*P.S.* Тематика данного исследования выбрана в результате изучения работ специалистов ООО «Газпром ВНИИГАЗ», посвященных оценке энергетической эффективности процессов добычи газа – к.т.н. Г.А. Хворова и к.т.н. М.А. Воронцова. Автор выражает благодарность работникам ВНИИГАЗа за интересные и полезные разработки в области энергосбережения и энергетической эффективности.

## **Повышение эффективности эксплуатации газотурбинных газоперекачивающих агрегатов за счет применения абсорбционных холодильных машин**

*Т.В. Попова*

*(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)*

Анализ результатов технического прогресса в области стационарных газотурбинных установок (ГТУ), применяемых в качестве энергопривода основной части газоперекачивающих агрегатов (ГПА), свидетельствует о том, что простейшие установки вплотную приблизились к технически возможному максимуму по экономичности, и дальнейшее увеличение эффективности работы ГТУ возможно только за счет усложнения их технологических схем. Для газотурбинных ГПА предлагается технология повышения энергетической эффективности за счет внедрения систем охлаждения циклового воздуха ГТУ при сжатии между ступенями компрессора или на входе в установку на основе абсорбционных бромисто-литиевых холодильных машин (АБХМ).

В рамках проводимого исследования предложены принципиальные технологические схемы организации охлаждения циклового воздуха на основе АБХМ. Обоснована целесообразность эксплуатации холодильных машин в условиях компрессорной станции; разработаны и описаны расчетные методики по оценке влияния систем охлаждения на основные энергетические и эксплуатационные показатели отдельных ГПА и компрессорных цехов в целом; указаны требования к характеристикам системы охлаждения, позволяющим получить наибольший технологический эффект от применения.

В заключение представлены результаты анализа, иллюстрирующие влияние системы охлаждения циклового воздуха на такие показатели, как располагаемая мощность ГТУ ГПА, требуемое количество рабочих агрегатов в компрессорном цехе, часовой расход топливного газа работающих ГПА, величина среднегодовой наработки ГПА.

## Основные экологические проблемы газовой отрасли

*В.А. Сафронова*  
(филиал ООО «Газпром газнадзор» –  
Центральное управление)

Задачи газовой отрасли – это разведка месторождений, добыча, транспортировка, переработка и использование газа. На каждом этапе возникают проблемы, связанные с негативным влиянием на окружающую среду.

Преимуществом газового топлива является то, что не образуются едкий дым и токсичные вещества, возможно регулировать интенсивность его горения, он имеет высокую скорость розжига.

Существуют типичные экологические проблемы производственной деятельности, присущие и газовой промышленности. С увеличением количества газовых месторождений есть проблема повреждения почвы тяжелой техникой, особенно там, где плодородный слой почвы тонкий и трудно восстанавливаемый.

При авариях на магистральных газопроводах (МГ) газ может воспламеняться или попадать в атмосферу в чистом виде. В России экологические проблемы газовой промышленности очень актуальны, так как страна занимает лидирующее место по добыче энергоресурсов.

К наиболее опасным загрязнителям атмосферы относят окись углерода и сернистый ангидрид.

Отрицательное влияние загрязненного воздуха на растительность заключается в подавлении их роста. Из древесных пород наиболее чувствительны к загрязнению воздуха ель, сосна, пихта, лиственница.

Часть МГ проходит через многолетние мерзлые грунты, весьма актуален и вопрос о тепловом загрязнении грунта. Рациональное использование почв – одна из важнейших проблем современности.

## **Перспективы внедрения геодезической системы дистанционного зондирования Земли для мониторинга состояния охранных зон и минимальных расстояний ЕСГ ПАО «Газпром»**

*Н.С. Мелин  
(ООО «Газпром газнадзор»)*

В процессе эксплуатации ЕСГ ПАО «Газпром» одной из важнейших регламентных задач является обеспечение необходимого уровня защиты интересов третьих лиц от опасных факторов, которые могут возникнуть в процессе эксплуатации объектов магистрального трубопровода. Эффективное выполнение данной задачи зависит от качества проверки состояния ОЗ и зон МР газопроводов.

Обеспечение защиты жизни и здоровья населения является одним из приоритетных направлений развития РФ, в связи с чем внедрение новых и перспективных разработок в производственный процесс – актуальная задача.

Острой проблемой, связанной с проверкой ОЗ и МР газопроводов, является невозможность осуществления доступа к значительной части объектов нарушения, что не позволяет должным образом провести выявление, идентификацию и анализ объектов нарушения, а значит, обеспечить безопасность эксплуатации ЕСГ ПАО «Газпром».

Рассматриваемая геодезическая система дистанционного зондирования Земли состоит из БПЛА, представленного квадрантным коптером, геодезической базовой станции и устройства анализа и обработки полученных данных.

Опыт показывает, что интеграция геодезической системы ДЗЗ в производственный процесс не только облегчает связанные с ним мероприятия, но и позволяет получать, накапливать в существующих базах данных новую достоверную и необходимую для контроля качества содержания охранных зон недоступную ранее информацию.

## **Комплексная безопасность – залог надежного функционирования объектов и успешного устойчивого развития общества**

*А.Н. Ершова*  
(ООО «Газпром ВНИИГАЗ»)

При проектировании и функционировании любые объекты, а в особенности опасные производственные объекты, должны удовлетворять требованиям безопасности.

В настоящий момент выделяются различные виды безопасности: экологическая, промышленная, пожарная, информационная и так далее.

Каждый вид безопасности имеет свою законодательную и нормативную базы. При этом не всегда приведенные в нормативных документах нормы согласованы между собой, а в ряде случаев между требованиями могут быть даже противоречия.

Необходимо отметить, что важным условием и залогом надежного функционирования объектов является обеспечение именно комплексной безопасности, а не какого-то отдельного вида безопасности (одного, двух или трех). Для того чтобы объект удовлетворял требованиям комплексной безопасности, необходимо рассматривать все требования и нормы безопасности вместе и исключать возможность возникновения противоречий на всех этапах жизненного цикла объекта.

Гармонизация требований по обеспечению различных видов безопасности и формирование компромиссных решений (взаимных уступок), позволяющих обеспечить необходимый уровень комплексной безопасности, позволят обеспечить надежное функционирование объектов, а также устойчивое развитие общества.



**СЕКЦИЯ  
«ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ»**

## **Реализация методов проектного подхода в инновационной деятельности рабочих групп**

*А.В. Дунаев  
(ООО «Газпром добыча Надым»)*

В последнее время в ООО «Газпром добыча Надым» значительно возросла потребность в большом количестве разнообразных нестандартных задач, которые связаны в основном с подготовкой и вводом в эксплуатацию новых конденсатосодержащих залежей Надым-Пур-Тазовского региона и п-ова Ямал. Эти нестандартные задачи потребовали соответствующих нестандартных инновационных решений.

Традиционный подход в ПАО «Газпром» к разработке инновационных решений, который реализуется путем заключения договоров НИОКР с научно-исследовательскими организациями, больше подходит для крупных долгосрочных проектов. В ситуациях, когда возникает огромное количество различных нестандартных задач с высокой степенью неопределенности, такой подход уже не является эффективным. В связи с этим был разработан и внедрен в производственную практику новый процесс реализации инновационных проектов в рамках небольших рабочих групп внутри предприятия, основанный на гибких проектных методах. Благодаря данному процессу к настоящему моменту был инициирован внушительный ряд весьма важных для предприятия инновационных проектов, часть из которых уже реализована.

Кроме того, ориентируясь на международный опыт, для реализации небольших инновационных проектов предложено рассмотреть возможность привлечения коммерческих стартапов, в то время как крупные долгосрочные проекты предлагается по-прежнему выполнять в рамках договоров НИОКР с научно-исследовательскими организациями.

## **Оценка чувствительности стоимости жизненного цикла компрессорной станции при отклонении от проектной производительности**

*М.Д. Верницкий  
(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)*

Затраты на эксплуатацию парка ГПА являются одной из основных статей затрат в ПАО «Газпром». В настоящее время существуют избыточные мощности как на частично загруженных газопроводах, так и на дожимных КС ряда месторождений, находящихся на этапе падающей добычи. Наличие избыточных ГПА приводит к дополнительным эксплуатационным затратам, которые увеличивают себестоимость процессов добычи и транспорта газа. Вместе с тем ликвидация (демонтаж) избыточных мощностей ГПА также связана с затратами, поэтому актуально проведение детального технико-экономического анализа эксплуатации КС с избыточными ГПА.

В работе выполнен анализ стоимости жизненного цикла при снижении фактической производительности относительно проектной. Оценивалась чувствительность стоимости жизненного цикла к отклонению от проектной производительности, а также предложены безразмерные параметры (коэффициент использования установленной мощности, коэффициент загрузки номинальной мощности рабочего ГПА), которые предлагается рассмотреть в качестве критериев для принятия решения о целесообразности ликвидации избыточных ГПА на КС.

*P.S.* Автор выражает благодарность к.т.н. М.А. Воронцову и И.В. Марущенко за поддержку и методическую помощь в проведении данного исследования.

## Технико-экономическое обоснование глушения скважин на Новопортовском НГКМ

*В.Е. Лобанов*  
(ООО «Газпромнефть-Ямал»)

Процесс глушения скважин на Новопортовском месторождении происходит путем закачки больших объемов жидкости глушения ( $\rho = 1,0$  (H<sub>2</sub>O);  $V \approx 1000$  м<sup>3</sup>).

Основные потери в результате глушения скважины связаны с несвоевременным выходом скважины на режим. Условно принимаем, что скважина могла бы работать с дебитом, равным дебиту на момент запуска, но из-за сверхнормативного времени вывода на режим этот дебит обращается в потери.

Эффективность использования блокирующих составов необходимо рассматривать в зависимости от сохранения продуктивности скважины. Так как нет возможности заранее предположить, на какую величину изменится продуктивность скважины по результатам использования технологической жидкости глушения, необходимо рассмотреть данные по возможной окупаемости мероприятий по отношению к сохраненному дебиту нефти. Зная ожидаемые затраты на использование блокирующих составов, находим минимально необходимый дебит (т/сут) для окупаемости мероприятий.

Для экономической оценки эффективности работ должно соблюдаться следующее условие: Стоимость мероприятия < Прибыли от прироста в дополнительной добыче (за счет сохранения коэффициента продуктивности скважины).

В результате применения технологии глушения скважин с помощью блок-пачки виден экономический эффект рассматриваемой технологии.

## **О разработке системы управления проектами геологоразведочных работ в части среднесрочной портфельной оптимизации**

*В.С. Мозговой, Д.Г. Фисенко  
(ООО «НИИгазэкономика»)*

В планировании деятельности нефтегазовых компаний часто возникают задачи формирования оптимального портфеля проектов геологоразведочных работ (ГРР), т.е. определения перечня проектов ГРР, реализация которых наиболее эффективна и целесообразна. Под эффективностью обычно понимается максимизация прибыли или реже – минимизация расходов.

При решении этой задачи требуется соблюдение большого количества условий: целевые показатели нефтегазовой компании по восполнению запасов должны быть достигнуты, количество нарушенных лицензионных обязательств не должно превышать допустимое значение, затраты на ГРР не могут превышать определенный объем и др.

В настоящей работе приведена формализация задачи поиска оптимального портфеля проектов ГРР с использованием методов линейно-целочисленного программирования. Сформулированы постановки задачи и системы уравнений формирования оптимального портфеля проектов ГРР на краткосрочную и среднесрочную перспективы. Выведены основные уравнения для ограничений, целевых показателей, выполнения бюджета, лицензионных обязательств, переходящих работ и приоритетности выполнения отдельных проектов ГРР.

В результате был разработан модуль оптимизации для системы управления проектами ГРР.

## **Применение симуляционных технологий в рамках цифровизации обучения**

*М.Ю. Воронкова, Е.В. Сидорова, И.А. Чурина  
(ООО «Газпром инвестпроект»)*

С развитием новых технологий возникает спрос на специалистов с кросс-функциональными знаниями и навыками. На сегодняшний день ощущается нехватка подготовленных специалистов с необходимым набором компетенций. Внедрение цифровизации обучения с применением симуляционной технологии будет способствовать развитию в области подготовки данных специалистов.

Целями данной технологии являются:

1. Повышение профессиональных навыков сотрудников, а также ускорение образовательного процесса при помощи инструментов дополненной реальности.

2. Привлечение поколений Y, Z путем адаптации системы обучения за счет использования современных технологий в обучении.

3. Возможность дистанционного консультирования при техническом обслуживании и поиске неисправностей в оборудовании.

Внедрение в образовательных целях нового информационного продукта, соответствующего современным требованиям в области высоких технологий, позволит решить ряд сложных задач: получить готовый инновационный инструмент для обучения сотрудников кросс-функциональным навыкам с использованием новейших цифровых решений; адаптировать устройства дополненной реальности для контроля за выполнением работ на производстве, а также поддержки работников с помощью интернета вещей.

Новый современный подход в обучении позволит оптимизировать период адаптации специалистов, снизить расходы и временные издержки, обеспечить компании конкурентные преимущества на рынке труда.

## **Экономика искусственного интеллекта: перспективы и противоречия**

*А.Л. Вегера*  
(ООО «Газпром флот»)

С самого начала времен человечество не стоит на месте. Развитие для человека является необходимой потребностью, удовлетворение которой ведет к качественным изменениям жизни.

Катализатором развития является интеллект, который существует разного вида и уровня у людей, животных и даже растений. Интеллект – это качество психики, состоящее из способности приспосабливаться к новым ситуациям, способности к обучению и запоминанию на основе опыта, способность приходить к решению при помощи вычислений.

Таким образом, понятие «искусственный интеллект» можно определить как возможность неорганического объекта посредством вычислений и сопоставлений к самообучению, творческому мышлению и решению задач, которые ранее считались прерогативой человека.

Основной экономический эффект от использования искусственного интеллекта будет достигаться путем оптимизации бизнес-процессов и расширения возможностей автоматизации и роботизации ручного труда, что в перспективе приведет к глобальной трансформации всего мира.

Структурные изменения устойчивого миропорядка не могут не вызывать фундаментальных противоречий в процессе внедрения искусственного интеллекта в повседневную жизнь человека. Надеясь машину правами и допуская ее к принятию решений в производственных или инфраструктурных процессах жизнедеятельности человека, актуальным всегда останется вопрос: что случится, если вдруг искусственный интеллект решит, что человечество – это угроза?

## **Наставничество как концепция развития независимого специалиста**

*В.П. Пивнов (ООО «Газпром трансгаз Москва» – УАВР),  
А.С. Пузанов, М.А. Пивнова  
(РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина)*

В докладе рассматриваются основные положения концепции наставничества, ориентированной на адаптацию молодого сотрудника. В работе используется метод взаимодействий подопечного и наставника. Интенсивное внедрение концепции наставничества на рабочих местах открывает путь к светлому будущему.

Недавно закончивший обучение студент встречает трудности в новой общественной сфере. Необходимо помочь начинающему специалисту понять основные ценности компании, ее характерные черты, собственную роль и кроме того вектор собственного развития.

В адаптации молодого сотрудника заинтересован не только сам специалист, но и фирма, в которой он работает.

В первую очередь следует тщательно подобрать наставника. Наилучшим вариантом будет квалифицированный, открытый, активный, опытный специалист. Далее наставник будет создавать персональную систему коучинга с учетом индивидуальных особенностей протеже.

В первую очередь необходимо сформировать четкий план развития, включающий в себя мероприятия по развитию индивидуальных качеств и профессиональных познаний. План должен быть четким и иметь временные рамки. Необходимо придерживаться плана с внесением необходимых корректировок. Деятельность наставника – поддерживать вектор развития, не отнимая независимость подопечного. Однако во избежание необратимого вреда наставник может вмешаться в работу.

Концепция наставничества может помочь развитию независимого, квалифицированного сотрудника.



## **Инструмент повышения производственной эффективности – Портал инициатив Блока логистики переработки и сбыта ПАО «Газпром нефть»**

*Е.И. Андреева*

*(ООО «ИТСК» – Дирекция переработки и сбыта)*

Цели проекта:

1. Увеличение количества предлагаемых и рассматриваемых идей.
2. Повышение вовлеченности сотрудников в вопросы повышения эффективности Блока логистики переработки и сбыта (БЛПС).
3. Повышение эффективности от идей и инициатив сотрудников при сохранении количества подаваемых идей.
4. Внедрение культуры постоянных улучшений.

Результаты проекта:

1. Разработан целевой образ управления идеями в БЛПС, сформирована концепция взаимосвязи идей и инициатив.
2. У всех сотрудников БЛПС есть возможность подавать идеи, они знают о доступном инструменте для подачи идей и умеют им пользоваться.

**Повышение производственной эффективности.  
Центры компетенций и сетевые группы Блока  
логистики переработки и сбыта ПАО «Газпром нефть»**

*В.А. Файрушина  
(ООО «ИТСК» – Дирекция переработки и сбыта)*

Цель проекта – выявлять и распространять в компании лучшие практики, внедрять передовой производственный опыт для повышения эффективности бизнеса.

Результаты проекта:

1. Создан эффективный механизм, позволяющий выявлять и тиражировать лучшие практики в дочерних обществах компании.
2. Действуют восемь центров и 33 сетевые группы экспертов.
3. Созданы, разработаны и апробированы:
  - возможности для коммуникации экспертов;
  - возможности ведения профессиональных библиотек;
  - аналитический инструмент для принятия управленческих решений на основе данных работы центров компетенций и сетевых групп;
  - возможность распространения информации в разных форматах среди сотрудников компании.

**Оценка воспроизводимости методов по основным  
показателям качества товарной продукции  
АО «Газпромнефть-МНПЗ».**  
**Возможность снижения запасов по качеству с учетом  
требований ГОСТ 33701-2015 «Определение и  
применение показателей точности методов испытаний  
нефтепродуктов»**

*А.А. Колбаскина*  
(АО «Газпромнефть-МНПЗ»)

Оценка запаса качества экономически важных показателей основных товарных нефтепродуктов является актуальной задачей, так как при паспортизации продукта с фактическим значением показателя, близким к норме (низкий запас качества), возникает риск претензий со стороны потребителя, а высокий запас качества нецелесообразен с экономической точки зрения для производителя.

Основной целью проекта является поиск оптимальных значений показателей качества товарных нефтепродуктов, оценка рисков, возникающих при производстве продукции с высоким и низким запасом по качеству.

**СЕКЦИЯ  
«ЦИФРОВИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ  
ПРОЦЕССОВ»**

**Внедрение комплексной системы мониторинга  
ГЛОНАСС. Перспективы использования.  
Положительные и отрицательные стороны системы  
мониторинга ГЛОНАСС**

*М.И. Павлов  
(ООО «Газпром трансгаз Москва»)*

Значение использования спутниковых технологий для всего человечества. Принципы работы системы мониторинга. Первые отечественные навигационные разработки в системе ГЛОНАСС. История возникновения и перспективы развития навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС в России, а также в ООО «Газпром трансгаз Москва». Выполнение инвестиционной программы оснащения транспортных средств системой мониторинга ГЛОНАСС. Различные типы навигационного оборудования, используемого в ООО «Газпром трансгаз Москва». Перспективы использования системы мониторинга транспорта. Развитие программного обеспечения мониторинга и контроля транспортных средств Monitor-3S. Ключевые качественные параметры программы. Принципы развития системы ГЛОНАСС. Положительные стороны использования системы мониторинга ГЛОНАСС в автомобильном транспорте. Снижение расходов на эксплуатацию транспортных средств, повышение безопасности на дороге. Недостатки современной отечественной системы мониторинга ГЛОНАСС. Общее направление модернизации спутниковой системы ГЛОНАСС.

## **Категоризация остаточных извлекаемых запасов по сложности разработки RCI**

*М.В. Наугольников, Р.И. Муртазин  
(ООО «Газпромнефть НТЦ»)*

В данный момент в Западной Сибири многие нефтяные месторождения находятся на заключительной стадии разработки, но при этом обладают большой долей остаточных запасов. Зачастую это целики нефти, образующиеся в застойных зонах, не подверженных воздействию заводнения, в пластах с низкими фильтрационно-емкостными свойствами, в неоднородных пластах с неравномерным процессом вытеснения нефти водой либо на месторождениях, разбуренных по неоптимальной проектной сетке скважин. Очевидно, что для вовлечения этих запасов требуются различные геолого-технические мероприятия. В связи с этим весьма актуальной является задача категоризации остаточных извлекаемых запасов (ОИЗ) в зависимости от сложности их вовлечения.

Представленный в работе подход основан на оценке и классификации ОИЗ. Классификация запасов производится с использованием авторского подхода по определению индекса сложности разработки (RCI). Сложность разработки зависит от трех основных параметров:

- проницаемость пласта;
- свойства флюида и породы: смачиваемость, показатели фазовых проницаемостей, насыщенность, вязкость;
- неоднородность пласта, рассчитанная как функция коэффициента охвата и прокачанного порового объема.

Решение этой задачи позволит повысить эффективность планирования программы геолого-технических мероприятий, позволит идентифицировать наиболее привлекательные зоны для разработки и выбрать подходящий способ вовлечения запасов в добычу.

## **Вероятностное прогнозирование коллектора по сейсмическим данным с использованием алгоритмов бустинга**

*М.В. Наугольников, С.И. Габитова  
(ООО «Газпромнефть НТЦ»)*

При создании геостатистической модели коллектора на основе сейсмических данных решается задача классификации по литологии. Однако для пластов с недостаточной контрастностью петроупругих свойств явное решение задачи классификации невозможно.

Целью данной работы являлось прогнозирование литологии, основанной на сейсмических данных в малоизученных либо неразбуренных участках месторождения. Для достижения поставленной цели решались задачи создания классификатора, который, используя методы машинного обучения, способен устанавливать связи между входными признаками – сейсмическими атрибутами и величиной песчанистости, а также с высокой достоверностью прогнозировать наличие коллектора на неизученных и малоизученных участках и строить вероятностные карты эффективных толщин.

Предложенный инструмент позволяет оценивать и прогнозировать песчанистость в неразбуренной зоне с высокой достоверностью для тех месторождений, когда явное разделение в пространстве коллектора и неколлектора по упругим параметрам невозможно. Авторами предложен алгоритм создания классификатора для определения двух литотипов – коллектор, неколлектор – и дальнейшего прогноза наличия коллектора с автоматическим построением карт вероятности наличия эффективных толщин.

## **Интеграция расчетных программ комплексного моделирования в систему управления технологических процессов газового промысла**

*О.Ю. Манихин  
(ООО «Газпром добыча Ноябрьск»)*

С целью предупреждения и недопущения рисков несоблюдения нормативов качества готовой продукции, а также оптимизации технологического процесса подготовки природного газа и повышения степени обоснованности оперативных решений, влияющих на эффективность работы установки комплексной подготовки газа, разработаны и внедрены в систему управления процессов газовых промыслов в режиме реального времени автоматизированные модели технологических процессов подготовки газа на базе программного продукта GIBBS. Цифровые модели способны выявлять некорректность показаний контрольно-измерительных приборов и прогнозировать параметры работы оборудования без негативного влияния на текущий технологический процесс. На их основе оптимизируется количество регенерированного триэтиленгликоля, подаваемого на абсорбционное оборудование; выявлены закономерности и оценивается эффективность работы сепарационного и абсорбционного оборудования, в том числе определены коэффициенты эффективности работы абсорбционного оборудования, зависящие от фактического состояния его внутренних элементов.

Интеграция GIBBS в PI System позволила повысить энергоэффективность процесса подготовки природного газа на газовом промысле за счет выбора обоснованного технологического режима эксплуатации УКПГ с учетом воздействия внешних факторов.



## **Стоимостная оптимизация системы заводнения с использованием емкостно-резистивной модели**

*М.В. Наугольников, С.И. Габитова  
(ООО «Газпромнефть НТЦ»)*

Создание нового инженерного инструмента для стоимостной оптимизации системы заводнения, обладающего хорошей прогнозной способностью и быстротой в использовании, актуально, так как при оценке эффективности и совершенствовании системы заводнения классическим подходом является гидродинамическое моделирование, осложненное высокими трудовыми и вычислительными затратами.

Цель работы – создание, автоматизация алгоритма, который, используя исторические данные о добыче и закачке, позволит на основе гибридной гидродинамической модели (емкостно-резистивной модели CRM) и экономической модели прогнозировать дополнительную добычу, минимизировать операционные затраты и максимизировать чистый дисконтированный доход (ЧДД). Первый этап – нахождение параметров, отвечающих за гидродинамическую связь между парой скважин добывающей–нагнетательной при помощи модифицированной CR-модели по участку месторождения на основе исторических данных скважин для прогноза добычи жидкости по скважине. Далее прогнозируется добыча нефти по обводненности на основе наиболее достоверно описывающих исторические данные характеристик вытеснения. Следующий этап – оптимизация операционных издержек за счет минимизации условно-переменных затрат и решение задачи по максимизации ЧДД по выбранному участку для возможных сценариев.

В результате разработан алгоритм по стоимостной оптимизации системы заводнения на основе CR-модели и характеристик вытеснения для управления разработкой. Алгоритм программно реализован, что позволяет быстро и эффективно производить необходимые расчеты, следовательно, позволит инженеру принимать правильные и обоснованные технологические решения.

## **Применение современных цифровых технологий интегрированного моделирования в ООО «Газпромнефть-Оренбург»**

*И.А. Ломухин, А.И. Киян  
(ООО «Газпромнефть-Оренбург»)*

Оренбургское нефтегазоконденсатное месторождение является крупнейшим по запасам нефти и газа в Оренбургской области. Основной объем добычи нефти ведется из нефтяной оторочки на территории ВУ ОНГКМ газлифтным способом. Месторождение находится на последней стадии разработки.

Основными задачами в условиях пульсирующего режима работы газлифтных скважин, гидратообразования в системе подачи газлифтного газа и отложения парафинов в системе сбора нефти являются удержание объемов добычи углеводородов на фиксированной величине, а также максимизация рентабельности добывающего предприятия в целом.

Одним из современных цифровых инструментов, зарекомендовавшим себя для решения обозначенных выше задач при разработке месторождения и управления добычей является цифровая интегрированная модель месторождения, включающая в себя модели пласта, скважин, наземной инфраструктуры, системы подготовки и финансово-экономическую модель.

Однако, учитывая системный подход к цифровой трансформации единой системы управления разработкой и добычей на месторождении ВУ ОНГКМ, ГПНО реализует комплексный подход управления активом через создание информационной системы поддержки разработки месторождения на основе интегрированной модели. Такой подход позволяет максимизировать эффект от расчета оптимизационных решений, учитывая взаимодействие всех моделей-компонент в единой системе.

## **Методы, модели, алгоритмы построения информационной системы учета и контроля объектов газовой промышленности**

*А.А. Габидуллина  
(ООО «Газпром трансгаз Казань»)*

Роль газовой промышленности велика и очевидна. В настоящее время используются бумажные технологии учета и контроля, распределения, поиска, что требует временных людских ресурсов, поэтому разработка универсальной информационной системы учета и контроля объектов газовой отрасли является актуальной задачей.

Целью разработки является повышение эффективности работы систем газоснабжения на основе совершенствования их организационной структуры и методов управления.

В рамках выполненной работы речь идет об интерактивной схеме объектов транспорта и распределения газа. Данная схема обеспечит возможность выполнения следующих функций: автоматической аккумуляции сведений по распределительным сетям газового хозяйства; создания прогнозной модели потребления газа в газораспределительной сети; определения технической возможности газоснабжения потенциальных потребителей; определения оптимальной точки подключения потребителя к газораспределительной сети; визуализации сведений о мощностях сети газопроводов на территории районов республики Татарстан в режиме реального времени.

Внедрение значительно сократит временные и административные затраты на управление ИС, повысит безопасность и достоверность данных. Предоставит возможность автоматизированной подачи заявки на получение ТУ через веб-портал заявок, а также автоматизированную проверку возможности газоснабжения новых потребителей, является приоритетным направлением в газовой промышленности.

## **Концепция интеллектуально-автоматизированной системы управления газоконденсатным промыслом Южно-Кириного месторождения**

*М.А. Погосов*

*(ООО «Газпром добыча шельф Южно-Сахалинск»)*

К настоящему времени одним из главных векторов развития мирового нефтегазового комплекса является освоение и разработка углеводородных месторождений, расположенных на континентальном шельфе. Российская Федерация обладает самым большим по площади континентальным шельфом и крупнейшими ресурсами углеводородов. В соответствии с Энергетической стратегией России до 2030 года основные объемы прироста запасов и добычи планируется осуществлять за счет привлечения ресурсов континентального шельфа.

Эффективность управления и эксплуатации шельфовых проектов зачастую определяется выбранными уровнями автоматизации исполнительных механизмов и цифровыми решениями помощи принятия решений при ведении технологических процессов добычи, сбора и подготовки углеводородов и применяемых для обустройства месторождений.

Интеллектуальное нефтегазовое месторождение подразумевает под собой систему автоматического управления операциями по добыче нефти и газа, предусматривающую постоянную оптимизацию интегральной модели месторождения и модели управления добычей.

Концепция всей модели интеллектуального месторождения состоит в удаленном управлении объектами газоконденсатного промысла, контроле энергопотребления, повышении энергоэффективности, росте эффективности эксплуатации оборудования, рациональном управлении персоналом, транспарантной информации и автоматизации производства в целом. Имплементация принципов интеллектуального месторождения позволяет повысить добычу и снизить риски как для самой компании, так и для ее работников.

## **Программная платформа имитации системы автоматизированного управления газотурбинной установкой электростанции собственных нужд**

*Р.Р. Ишкильдин, Д.С. Киргин  
(ООО «Газпром добыча Иркутск»)*

Одной из причин аварий на производстве является недостаточная квалификация персонала. Риск возникновения аварий может быть снижен при использовании тренажеров-имитаторов для подготовки персонала, управляющего технологическими процессами.

Предлагаемый программный имитатор, на оболочку которого наложены объекты-экземпляры классов технологических переменных, дискретных и аналоговых исполнительных механизмов, индикаторов, настроенных в соответствии с имитируемым объектом, предназначен для наработки практических навыков операторов газотурбинной установки по обнаружению нештатных ситуаций и выполнению действий, которые необходимо выполнить при их наступлении. Программа имитирует следующие (основные) мнемосхемы: главная, двигатель, генератор, предпусковые условия, панель автоматического запуска способна работать в двух режимах: режиме обучения и проверки знаний. В режиме обучения можно ознакомиться с перечнем имитируемых нештатных ситуаций, выполнить ситуацию в режиме обучения; в режиме экзамена ситуации имитируются в случайном режиме, все действия обучаемого протоколируются.

Практическая ценность использования представленного имитатора определяется тем, что результаты позволяют снизить временные и материальные ресурсы при обучении обслуживающего персонала, повысить безопасность и эффективность производства.

## **Система автоматического управления подогревателя газа с использованием автономного источника питания**

*И.Е. Гулынин*

*(ООО «Газпром добыча Надым» –  
Медвежинское газопромысловое управление)*

В настоящее время газосборная сеть НГКМ Медвежье характеризуется смешанной схемой сбора скважинной продукции, большими диаметрами газопроводов-шлейфов для условий текущей эксплуатации, создающими условия для накопления жидкости. В период низких температур окружающего воздуха накопление жидкости приводит к замерзанию и образованию ледяных пробок. Для поддержания газопроводов в работоспособном состоянии при текущих условиях разработки месторождения применяются телеметрия текущих параметров скважин, а также подогрев сырого газа на устье скважины, что значительно уменьшает вероятность образования ледяных пробок во внутренней полости шлейфов по всей трассе газопровода. Основная проблема использования этих методов – отсутствие электроснабжения на скважинах.

Учитывая дороговизну прокладки ЛЭП и отсутствие условий для применения альтернативных источников энергии, для обеспечения электроснабжения подогревателя газа и осуществления телеметрии скважин автором разработана автономная система автоматизации, в основе которой лежит термоэлектричество.

Мощности вырабатываемой термогенератором в составе КПГ-10 хватает не только для обеспечения своей работы, но и для питания другой аппаратуры, комплекса телеметрии куста скважин и др.

## **Расчет процесса охлаждения газовой смеси в горизонтальном испарителе**

*М.П. Бурчу*  
(ООО «Газпром трансгаз Югорск»)

В программе, реализованной на языке программирования Python, моделируется процесс охлаждения природного газа или смеси газов (метан, этан) в горизонтальном кожухотрубном теплообменнике (испарителе) с выдачей рекомендаций по режиму работы станции охлаждения газа (количество работающих турбокомпрессоров, аппаратов воздушного охлаждения газа (пропана), испарителей).

Программа позволяет рассчитать технологические параметры теплообменного аппарата (холодопроизводительность, температура охлаждаемой газовой смеси на выходе из аппарата, температура хладагента на выходе из аппарата, массовый расход хладагента) при охлаждении природного газа или смеси газов (метан, этан) при различных входных параметрах. Алгоритм учитывает изменение теплофизических параметров охлаждаемого газа и хладагента (аппроксимированы зависимости теплофизических свойств метана, этана, пропана, получена зависимость коэффициента теплоотдачи хладагента от тепловой нагрузки и давления), что позволяет моделировать процесс охлаждения газа в широком диапазоне входных параметров и при различных режимах работы турбокомпрессорных агрегатов. Реализована возможность моделирования процесса как при вводе произвольных входных параметров, так и загрузке данных из реального режима работы станции. Анализ эффективности холодильного цикла проводится по энтальпийной диаграмме.

Определение числа работающих аппаратов воздушного охлаждения газа (хладагента) реализовано с помощью глубокого машинного обучения. Для этого была обучена на основе имеющихся данных технологических режимов искусственная нейронная сеть.

## **Автоматизированная система верификации данных поточных и виртуальных анализаторов качества**

*Е.М. Гурьева, А.Б. Петрановский  
(ООО «Автоматика-сервис»)*

Для оптимального управления технологическими процессами и производством на НПЗ необходимо обеспечить точность, достоверность и надежность оперативных данных о качестве нефтепродуктов, поступающих от поточных (ПАК) и виртуальных (ВАК) анализаторов качества. Отсутствие автоматизированного мониторинга и контроля за состоянием ПАК и ВАК приводит к появлению некорректных данных, ошибкам в управлении технологическими процессами и производством и, как следствие, к финансовым потерям. Снижение этих потерь возможно за счет реализации системы, позволяющей автоматизировать процедуры верификации, выполнять непрерывный мониторинг и контроль работы ПАК и ВАК, а также обеспечивать оперативное реагирование на отклонения в работе ПАК и ВАК.

ООО «Автоматика-сервис» реализовало собственное ИТ-решение, учитывающее рекомендации ГОСТ, ASTM и стандарты НПЗ.

Разработанное ИТ-решение позволяет:

- предоставлять в системы планирования и управления выверенные данные о качестве нефтепродуктов от всех источников (ПАК, ВАК и ЛА);
- осуществлять предиктивную диагностику и оперативное реагирование на отклонения в работе ПАК и ВАК;
- формировать рекомендации по оптимизации лабораторного контроля по результатам статистического контроля;
- автоматизировать бизнес-процесс верификации с безбумажным согласованием отчетных документов;
- оценивать KPI работы ПАК, ВАК и сервисных служб.

Бизнес-результат: минимизация ошибок в управлении технологическими процессами и производством, повышение доверия к данным ПАК и ВАК.



## **Усиление контроля, системный анализ и цифровизация технологического режима на базе программы СМОТР**

*К.А. Дорохова*  
(АО «Газпромнефть-МНПЗ»)

Цели проекта: минимизация риска в области безопасности и повышение эффективности производства.

Программа СМОТР предназначена для автоматического выявления и систематизации отклонений фактических значений параметров технологического режима и показателей качества от норм технологического режима. В проекте предлагается доработать существующую систему СМОТР новым функционалом, связанным с углублением аналитики, мотивацией персонала, автоматизацией процесса и сокращением трудозатрат.

Результаты проекта:

1. Программа СМОТР позволяет эффективно выявлять, цифровать и визуализировать отклонения.

2. Реализация предложенных доработок позволит шире взглянуть на имеющиеся технологические проблемы, повысить оперативность реагирования на отклонения и снизить количество случаев нарушения технологического регламента.

3. Функционал СМОТР позволяет выявлять лучшие производства, установки, бригады, что может быть рассмотрено в качестве премирования и мотивации персонала.

4. Унификация форм отчетности, сокращение трудозатрат и документооборота.

5. Программу СМОТР можно тиражировать на все объекты Компании.

6. Программа СМОТР позволяет приблизиться к достижению «ЦЕЛЬ 0» по соблюдению норм технологического режима, что дает возможность работать более эффективно и безопасно.

## **Оптимизация рабочего места оператора ГРС на примере АГРС «ИСТОК»**

*Д.С. Сухоруков*

*(ООО «Газпром трансгаз Ставрополь» – НЛПУМГ)*

Газораспределительная станция «Исток-150Н» является современной АГРС, рассчитанной на работу с крупными потребителями. Для предотвращения или устранения аварийной ситуации оператор ГРС должен владеть полной информацией обо всех важных параметрах работы станции. При существующей схеме расположения приборов это не представляется возможным.

Наиболее предпочтительным вариантом, позволяющим максимально оптимизировать рабочее место оператора ГРС «Исток», является установка всех приборов, позволяющих контролировать вышеуказанные параметры, в помещение операторной:

- установить датчик расхода на пятую линию редуцирования, оснащенную клапан-регулятором типа Mokveld;
- обновить программное обеспечение компьютера для поддержки новых датчиков;
- перенести в помещение расходомерный ЭКМ, соединенный с сигнализацией;
- установить компьютер для снятия показания с Superflow.

Данные замечания необходимо учесть заводу – изготовителю станций «Исток» индивидуального проекта. Также, исходя из экономической целесообразности и технологических преимуществ, рекомендуется отказаться от использования микропроцессорного измерительного комплекса Superflow в пользу ультразвукового расходомера газа Turbo Flow.

## **Демонстрационно-обучающее приложение «Устройство и работа основного и вспомогательного оборудования КЦ»**

*Н.И. Резнов  
(ООО «Газпром трансгаз Югорск»)*

Демонстрационно-обучающее приложение «Устройство и работа основного и вспомогательного оборудования КЦ» предназначена для использования в качестве технического средства профессионального обучения и повышения квалификации обслуживающего персонала компрессорной станции.

Программа представляет собой симулятор перемещения в виртуальной среде станции. В приложении применяются современные методы разработки игр (GameDev), 3D-модели оборудования, послойное и посистемное отражение деталей и узлов, используется интерактивный метод подачи учебного материала. Такой подход позволил упростить процесс обучения, улучшить и ускорить восприятие учебного материала, повысить вовлеченность работников.

Задачи, решаемые приложением:

- наглядность (по всем объектам, эксплуатируемым в текущий период, представлена максимальная детализация с учетом регламентированных изменений);
- универсальность (возможность широкого применения приложения в службах; отдельные сцены приложения, модели, видеоролики возможно использовать в качестве самостоятельных обучающих материалов или в составе сторонних средств);
- объем использования (проект может быть развернут во всех ЛПУМГ);
- минимальные условия интеграции (для обучающего АРМ достаточно персонального компьютера с установленным ПО);
- возможность добавления любой справочной информации на оборудование и применения ее в качестве методического пособия в образовательных учреждениях.

**СЕКЦИЯ  
«KNOWLEDGE AND EXPERIENCE  
FOR OIL AND GAS INDUSTRY»**

## **Improving the efficiency of the gas boiler station using mathematical modeling**

*A.A. Koshmelev  
(Gazprom transgaz Tomsk LLC)*

Modern information systems in the oil and gas industry are experiencing a new stage of their development. The use of information systems has become a key factor in the development of enterprises in the oil and gas industry. Gas companies need systems that can provide high performance and full reliability of the data.

To assess the technical condition of gas boilers, it is necessary to create an information management system based on the parameterized mathematical model being developed, which will allow monitoring input and output parameters online, and notify operators about critical deviations in valuable parameters.

The implementation of the real-time control system involves collecting data from sensors, processing signals in the remote control server, connecting to remote control using ODBC (OLE) protocols, importing data into the system database, developing an interface for visualization, developing a mechanism for predicting and monitoring conditions of gas boilers using mathematical models.

Analysis of economic efficiency from the implementation of information management system proves the importance of this work. Specifically, the need of developing mathematical models, as well as the introduction of an information system on their basis, allows us to increase the efficiency of heat and power equipment, which in turn will reduce financial losses for society and reduce the harm to the environment.

## **Stability analysis of design solution of booster compressor complex to operating conditions deviation from design values**

*A.S. Grachev, M.A. Vorontsov  
(Gazprom VNIIGAZ LLC)*

Nowadays subsea upstream complexes are the cutting edge technology of gas production industry. Subsea booster compressor station (SBCS) is one element of these complexes. There are several crucial differences between subsea and onshore booster compressor stations, such as difficult accessibility, high cost, wet gas compression, etc. This leads to necessity of SBCS design in the way that will provide:

- minimal gas production losses in case of operating conditions deviation from design values;
- minimum quantity of changeable flow channels (CFC).

This presentation shows:

- the study results of SBCS flow capacity changes due to inlet pressure deviation and reserve capacity alteration for various negative scenarios;
- methodological solutions aimed at reducing CFC quantity.

The introduction of these methods in the booster compressor stations design procedure (both onshore and offshore) will allow to quantify risks of operating conditions deviation from design values as well as minimize possible gas production losses and the necessary costs for the further development of the booster compressor complex.

## **Technical solutions development for GTU's joint operation of Urengoyanskoe field**

*N.V. Ivanov  
(Gazprom dobycha Urengoy LLC)*

To solve the problem of ensuring reliable and energy-efficient operation of GTU-11 of the Urengoyanskoe field in the context of delayed commissioning of the booster system and to ensure the design indicators for the development of the Cenomanian and Valanginian deposits, it was necessary to develop new technical solutions for the development of production facilities for the preparation and transportation of hydrocarbons.

Due to the fact that the existing scheme of joint operation of GTU-11 and GTU-11V will not allow to ensure the planned indicators of hydrocarbon production and the optimal parameters for the work of the low-temperature separation system in the period from 2018 to 2021 (before commissioning of the GTU-11V BCS), the Company's specialists have developed a variant for the joint preparation of gas from the gas processing group GTU-11, 11V, 12. Joint operation scheme of GTU-13 and GTU-15 was also developed.

Also, an analysis was made of the effect of the separation gas supply volume of the Valanginian GTU with a temperature of minus 15 °C on the Cenomanian GTU during its operation according to the design scheme. The increase in the share of Valanginian gas in both cases led to a decrease in the temperature of the mixed gas.

According to the assessment, the economic effect from the introduction of the proposed joint operation scheme GTU-11 and GTU-12 is provided by preventing a decrease in gas production as a consequence of the possibility of controlling gas outflows in different areas of the field under reduced input pressure at the GTU. The increase in gas production at the joint operation of GTU-12 and GTU-11 will be about 5 million m<sup>3</sup>/day, compared with the separate exploitation of the GTUs. The reduction of glycol losses with dry gas will be about 43 tons per year.

## **Development and testing of technological schemes for obtaining parts of a curved tubular shape from a composite material based on woven reinforcing frames**

*A.F. Ishmukhamedov  
(Gazprom VNIIGAZ LLC)*

Over the past four decades, the use of polymer composite materials (PCM) has been increasing. PCM can reduce the mass of structures while ensuring the required level of strength, chemical resistance, biocompatibility.

In Russia, to obtain PCM, thermosetting binders are mainly used, which make it possible to obtain composites with rather high characteristics, but the technological cycle for producing one part is quite long – from 4 to 18 hours. The use of thermoplastic polymers requires specialized equipment and other equipment adapted for working with thermosetting polymers (epoxy, phenolic, etc.), but it allows you to get composites for the minimum technological time (up to 5 minutes per 1 piece).

The paper presents:

- technological scheme for the impregnation of the carbon fiber PEEK to obtain NTP;
- a mathematical model for braiding process;
- technological scheme of contour weaving in order to obtain the product: main pipe.



# **Methodical approach to evaluating energy efficiency of gas pipeline transport using numerical linearization methods**

*N.I. Ivanova  
(Samara State Technical University )*

Today, the urgent problem of the lack of effectiveness of existing methods for assessing TER indicators, taking into account the dynamics of the performance indicators of the main pipeline.

To increase the efficiency of existing methods and the practical significance of the results obtained, it is necessary to quantitatively evaluate the influence of each of the parameters of the process for planning energy-saving measures. In addition, it is necessary to develop a system of criteria for energy efficiency, which includes indicators of various technological levels in absolute, specific and cost terms.

The paper presents:

- a mathematical model for assessing energy efficiency, based on the method of small deviations, which allows to obtain in linear relationships the influence of each parameter on the target function of energy efficiency indicators,
- an approach to the development of an integrated system of indicators of energy efficiency of gas pipelines,
- an integral criterion for evaluating the efficiency of the main gas pipeline operating modes, which provides a comparison in comparable operating conditions, taking into account the dynamics of the pipeline operating modes.

# **Increasing efficiency of operation of gas turbine gas pumping units at the basis of application of absorption refrigerating machines**

*T.V. Popova*

*(Gubkin Russian State University of Oil and Gas)*

Analysis of the results of technological progress in the field of stationary gas turbine plants, used as an energy drive for the main part of gas pumping units, indicates that the simplest installations come close to the technically feasible maximum in terms of economical and a further increase in the efficiency of gas turbine plants is possible only due to complication of their technological schemes. For gas-turbine pumping units, a technology is proposed for increasing energy efficiency by introducing cooling systems for the cyclic air of a gas-turbine unit during compression between compressor stages or at the inlet of a unit based on lithium-bromide absorption refrigeration machines.

In the framework of the study, the basic technological schemes of organizing the cooling of cyclic air based on absorption refrigeration machines are proposed. The expediency of operating refrigeration machines in a compressor station is justified; design methods have been developed and described for assessing the impact of cooling systems on the main energy and operational performance of gas pumping apparatuses and compressor shops in general; The requirements for the characteristics of the cooling system, which allow to obtain the greatest technological effect from the application, are indicated.

In conclusion, the results of the analysis are presented, illustrating the effect cooling system of the cyclic air on such indicators as the available capacity of the gas turbine installation of a gas pumping unit, the required number of working units in the compressor shop, the hourly consumption of fuel gas from working gas pumping units, and the average annual operating time of gas pumping units.

## **Estimation of life cycle cost sensitivity of compressor station in case of deviation in design productivity**

*M.D. Vernitskiy*

*(Gubkin Russian State University of Oil and Gas)*

The cost of operating gas compressor units is one of the main cost items in Gazprom. Currently, there are excess capacities both at partially loaded gas pipelines and at booster compressor stations in a number of fields that are at the stage of declining production. The presence of excess gas compressor units leads to additional operating costs, which increase the cost of gas production and transportation processes. At the same time, the dismantling of excess capacity of gas compressor units is also associated with costs, so it is important to conduct a detailed technical and economic analysis of the operation of the compressor station with excess gas compressor units.

The analysis performed of the life cycle cost in case of deviation in design productivity. Performed Estimation of life cycle cost sensitivity of compressor station in case of deviation in design productivity and the proposed dimensionless parameters, which are suggested as criteria for decision-making about the advisability of dismantling the excess compressor units at the compressor station.

## **Necessity and importance of English speaking lessons in technical universities**

*A.G. Shmeleva*

*(D. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia)*

Science itself and technical education in particular are known to be demanded nowadays. More and more schoolchildren are interested in modern technologies and want to know more, do more and increase the living standard of the population. Even high level of school education can't guarantee entering to a well-qualified university. So, majority of schoolchildren get education not only in their main scientific field, also they are interested in related sciences, to increase their chances, and English language is one of them.

People understand that English is the language of international scientific communication. On the one hand today first-year students may have known terms in their scientific field. But it is the only one side. Except having this base they should understand the whole information from the text, be able to retell it and answer on questions, and translate the original text to other people, who don't know this language. There is the main difficulty to the majority of students. Even if they understand they won't say something by themselves. At such moments some students are scared and they stop their attempts to speak. Further they start to have emotional problems, problems in their education (both scientific and language training). Such students have difficulties with catch current professional news from article and journals, which are usually published in English, public addresses, international cooperation, etc.

What should we do to improve it? It should be more lessons to it, students are needed in practice. Unfortunately, transition from 5-year education to 4 plus 2 resulting in decreasing the number of English language lessons. Based on it our future professionals, today students, lose opportunity to become first-class international specialists based only on university education. Importance of English language can't be minimize today. All scientific breakthroughs should be printed in this language for wider distribution. Readiness and ability to oral communication is known to be important not only in trips, but also in science. Enormous importance of development of international cooperation is absolutely clear. Generation of today students is ambitious and clever and our task is help them to grow into real specialists in their fields. Let's get them to have sufficient amount of language lessons and possibility to train their speaking skills.

## **The nature of carbonate reservoirs in the Riphean sediments**

*E.A. Bulanenko, N.B. Kononova  
(Gazprom Geologorazvedka LLC),*

*O.V. Gutina (Non-Commercial Partnership Ecology Center for  
Rational Development of Natural Resources (NP EC RDNR))*

The nature and characteristics of reservoirs in the Riphean sediments have been an important research direction up to the present day.

The first results obtained from the core drilling operations and laboratory-based analysis show that the reservoirs in the Riphean sediments are of a complex structure.

The formation of reservoirs in these geologically unique fields took place under the influence of different factors during a long period of geological time.

As a result a very particular and, in some aspects, unique type of reservoirs was formed. A decisive role in the formation of reservoirs is attributable to tectonic cracks.

In this regard, prediction of areas with improved reservoir filtration-volumetric parameters that allow to reach maximum well productivity remain an important issue until now.

The prediction of such complex reservoirs is a very labor-intensive and thankless task. In order to resolve this problem this work proposes to combine together a number of methods and techniques aimed at studying the lithological patterns of the Riphean rocks using core data, well-logging measurements and seismic surveys.

## **The minimally manned technologies and the location of hazardous production facilities at a considerable distance from the residential area – Is it the good or the bad for humans around?**

*A.N. Ershova  
(Gazprom VNIIGAZ LLC)*

Human life is a priority and this is enshrined in laws (in Russia and in other countries). Existing norms, rules and requirements for any objects (especial for industrial facilities) are primarily aimed at ensuring the state of security and reducing potential harm to human life and health, including from potential harmful effects from hazardous industrial facilities.

As the main directions for ensuring of the safety of hazardous industrial facilities and reducing their potential harmful effects on humans (on both the worker of hazardous industrial facilities and the population around) can be highlighted:

- the development and implementation of minimally manned technologies;
- the removal industrial facilities to the significant distances from residential areas.

However in addition to the obvious advantages that these solutions carry, they also have a number of disadvantages – for example, difficulties with the placement of new facilities and the need to eliminate existing facilities, which naturally backfire on the number of jobs and the development of industry. The active transition to minimally manned and «unmanned» technologies also leads to a significant reduction in jobs and the need to develop new requirements for staff and their retraining. At the same time, the processes of developing training programs and staff retraining are lengthy, in connection with which there is simultaneously and a shortage of jobs and a shortage of qualified staff.

In order to ensure that the desire to protect the surrounding humans as much as possible does not lead to negative consequences, it is necessary to take into account all factors (including the personnel affairs) and look for compromise solutions.

VIII Молодежная международная  
научно-практическая конференция

**Новые технологии в газовой отрасли:  
опыт и преемственность**

Корректор  
Верстка

М.В. Бурова  
Н.А. Владимиров